deMaaslijn

Comfortabel en op tijd



Opwaardering Maaslijn

Achtergrondrapport trillingen

ProRail

Movares
adviseurs & ingenieurs

Autorisatieblad

Vrijgave

Movares adviseurs & ingenieurs	**Naam**	**Akkoord**	**Datum**
Opgesteld door	Boon, P.M.	✓	04-11-2021
Gecontroleerd door	Meeuwsen, R	✓	04-11-2021
Vrijgegeven door	Driel, A. van	✓	04-11-2021
ProRail			

Versie historie

Versie	**Naam**	**Datum**	**Korte toelichting**
1.0	Achtergrondrapport trillingen	13-08-2021	Achtergrondrapport tbv vaststelling PIP

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Samenvatting

Inleiding

Voor het aspect trillingen geldt dat er tot op heden geen wettelijke normen voorhanden zijn. Daarom is de beoordeling en toetsing in dit onderzoek uitgevoerd op basis van de in Nederland hiervoor gebruikelijke richtlijnen en kaders. Ten behoeve van het Milieu Effect Rapportage (hierna: MER) zijn drie aspecten onderzocht: het aantal overschrijdingen van de streef- en grenswaarden uit het beoordelingskader voor trillingshinder, de Beleidsregel trillinghinder spoor (hierna: Bts), het aantal gehinderden (hierin worden ook effecten onder de norm meegenomen) en het aantal panden met een kans op trillingsschade. Ten behoeve van het Provinciaal Inpassingsplan (hierna: PIP) zijn trillingsschade (o.b.v. de SBR A-richtlijn), trillingshinder (o.b.v. de Bts) en verstoring van trillingsgevoelige apparatuur (o.b.v. de SBR C-richtlijn) getoetst.



De resultaten uit het trillingsonderzoek zijn onder meer gebruikt voor het natuuronderzoek (verstoring van trillingsgevoelige soorten). Verder zijn er raakvlakken met andere onderzoeken ten aanzien van eventuele trillingsmaatregelen. Maatregelen tegen trillingen kunnen namelijk van invloed zijn op de landschappelijke inpassing (bij maatregelen buiten de directe spoorzone) en op bijvoorbeeld het grondwateronderzoek (bij maatregelen zoals een spoorsloot).

Aanpak onderzoek

De voor trillingen belangrijkste ingrepen van het project zijn de elektrificatie (waardoor er zwaarder reizigersmaterieel op de lijn komt te rijden), de verhoging van de rijsnelheid (met name voor reizigerstreinen, beperkt voor goederentreinen) en op sommige locaties het dichterbij komen van de sporen of het plaatsen of verwijderen van wissels, zie voor de belangrijkste ingrepen de bovenstaande figuur.
Om de invloed van deze effecten op de trillingen te bepalen is gebruik gemaakt van metingen langs de Maaslijn en op andere locaties in Nederland. Vervolgens zijn met een modelberekening voor elk gebouw binnen 200 meter van het spoor de trillingen in de huidige, referentie- en plansituatie vastgesteld, op basis van de uitgevoerde metingen en vastgestelde projecteffecten.

Effectbeoordeling

Een samenvatting van de belangrijkste projecteffecten is weergegeven in de hierna volgende tabel (omschrijving van de classificaties is in de tabel daaronder weergegeven). Het project leidt niet tot een toename van de kans op trillingsschade of verstoring van trillingsgevoelige apparatuur, wel neemt het aantal trillingsgehinderden en overschrijdingen van de streef- en grenswaarden uit de Bts toe. Dit laatste komt met name door een combinatie van een toename van het aantal goederentreinen (autonome ontwikkeling) en de toename van de rijsnelheid en overgang naar (zwaarder) elektrisch reizigersmaterieel.

	Referentiesituatie	Plansituatie
Criterium 1 – Toename gehinderden	0	-
Criterium 2 – Overschrijdingen A2-grenswaarde	0	--
Criterium 2 – Overschrijdingen A3-grenswaarde	0	-
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	0

Score	Kwalitatief Oordeel	Kwantitatieve score
++	Positief effect	10% of meer afname bij minimaal 20 adressen
+	Beperkt positief effect	2 tot 10% afname bij minimaal 20 adressen, of grotere afname bij minder dan 20 adressen
0	Geen/neutraal effect	0 tot 2% toe- of afname
-	Beperkt negatief effect	2 tot 10% toename bij minimaal 20 adressen, of grotere toename bij minder dan 20 adressen
- -	Negatief effect	10% of meer toename bij minimaal 20 adressen

Maatregelen

Op de locaties waar een kans is op een overschrijding van de streefwaarden uit de Bts, is een onderzoek naar maatregelen uitgevoerd. Hieruit volgt dat de projecteffecten met maatregelen op de meeste locaties zijn te mitigeren door het aanbrengen van under sleeper pads (zachte, dempende matjes onder de dwarsliggers). Op sommige locaties zijn maatregelen echter niet kosteneffectief (te hoge kosten of te weinig effectiviteit). Het project leidt nergens tot overschrijdingen van de grenswaarde van 3,2 voor V_{max} uit de Bts, de grenswaarde waarboven maatregelen *moeten* worden getroffen.

Met de voorgestelde maatregelen zijn de projecteffecten grotendeels te mitigeren, zie onderstaand overzicht. Het aantal overschrijdingen van de Bts neemt hiermee af van 719 naar 239. De totale investeringskosten voor trillingsmaatregelen bedragen dan € 5.4 mln. (incl. BTW).

	Referentiesituatie	Plansituatie excl. maatregelen	Plansituatie incl. maatregelen
Criterium 1 – Toename gehinderden	0	-	0
Criterium 2 – Overschrijdingen A2-grenswaarde	0	--	-
Criterium 2 – Overschrijdingen A3-grenswaarde	0	-	-
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	0	0

Conclusies

Uit het onderzoek volgt dat met name in Cuijk en Tegelen, en daarnaast nog bij vooral groepjes verspreid liggende woningen (vooral in de buurt van overwegen) overschrijdingen zullen optreden van het beoordelingskader voor trillingshinder, de Bts. Op de noordelijke Maaslijn (Cuijk) zijn deze overschrijdingen het gevolg van een combinatie van een verhoging van de rijsnelheid, de overgang naar (zwaarder) elektrisch reizigersmaterieel en op sommige locaties het dichterbij komen van de sporen of de realisatie van nieuwe wissels (trillingen zijn hoger rond wissels). In Tegelen (zuidelijke Maaslijn) geldt dat de rijsnelheid van goederentreinen hier omhoog gaat. Goederentreinen rijden hier nu langzaam omdat deze elkaar moeten passeren, na aanpassing van de Maaslijn is deze stop onwenselijk voor een robuuste dienstregeling van het reizigersverkeer, en gaat de rijsnelheid omhoog. Hierdoor nemen de trillingen toe. Met de voorgestelde doelmatige maatregelen neemt het aantal overschrijdingen van de Bts vooral in Cuijk en Tegelen fors af.

Tijdens de bouwfase zijn overschrijdingen van het beoordelingskader voor trillingsschade te voorkomen door het kiezen van een trillingsarme bouwmethode. Tijdens de exploitatiefase zijn er geen overschrijdingen als gevolg van het project op de aspecten trillingsschade en verstoring van trillingsgevoelige apparatuur.

Inhoudsopgave

Samenvatting **1**

1 Inleiding **6**
1.1 Project Maaslijn 6
1.1.1. *Aanleiding* *6*
1.1.2. *Doel* *6*
1.2 Voorgenomen activiteit (maatregelen op het spoor) 6
1.3 Besluitvorming 6
1.3.1. *Provinciaal Inpassingsplan* *6*
1.3.2. *Milieueffectrapportage (m.e.r.)* *6*
1.4 Leeswijzer 6

2 Beleidskader, wet- en regelgeving en besluitvorming **7**
2.1 Inleiding 7
2.2 Beoordelingskader trillingsschade 7
2.3 Beoordelingskader trillinghinder 7
2.4 Beoordelingskader verstoring van gevoelige apparatuur 9
2.5 Gehanteerde beoordelingscriteria 9
2.5.1. *MER-onderzoek* *9*
2.5.2. *PIP-onderzoek* *11*

3 Onderzoeksmethode en aanpak **12**
3.1 Inleiding 12
3.2 Situaties en uitgangspunten 12
3.2.1. *Bestaande situatie* *12*
3.2.2. *Referentiesituatie* *12*
3.2.3. *Plansituatie* *13*
3.3 Plan- en studiegebied 14
3.4 Onderzoeksmethode 15
3.4.1. *Onderzoek naar trillingsschade* *16*
3.4.2. *Onderzoek naar trillingshinder* *16*
3.4.3. *Onderzoek naar verstoring van gevoelige apparatuur* *17*
3.4.4. *Betrouwbaarheid van het onderzoek* *18*

4 Onderzoeksresultaten **19**
4.1 Inleiding 19
4.2 Beoordeling t.b.v. het PIP 19
4.2.1. *Trillingsschade* *19*
4.2.2. *Trillingshinder* *20*
4.2.3. *Verstoring van trillingsgevoelige apparatuur* *22*
4.3 Effecten in het MER 22
4.3.1. *Aantal gehinderden* *22*
4.3.2. *Toename aantal overschrijdingen van de Bts* *22*
4.3.3. *Kans op trillingsschade* *23*
4.4 Conclusies 23

5 Beoordeling en maatregelen **24**
5.1 Conclusies m.e.r. 24

5.2 Conclusies toetsing aan richtlijnen 24
5.3 Mitigerende maatregelen 25
5.4 Effect van hoger richtbedrag voor maatregelen 27
5.5 Effect van de maatregelen 30
5.6 Conclusies 30

6 Conclusie en aanbevelingen 32
6.1 Inleiding 32
6.2 Conclusie irt uitvoerbaarheid PIP 32
6.2.1. *Toetsing aan richtlijnen* *32*
6.2.2. *Mitigerende maatregelen* *32*
6.2.3. *Cumulatieve effecten* *32*
6.3 Totaalbeoordeling effecten t.b.v. MER 33
6.4 Conclusie 33

7 Monitoring, evaluatie en leemten in kennis 35
7.1 Inleiding 35
7.2 Evaluatie en monitoring 35
7.3 Leemten in kennis 35

Colofon 37

Bijlage I – Vibra*Dyna*

Bijlage II – Beoordelingskader

Bijlage III – Gebruikt grondonderzoek

Bijlage IV – Verwerkingsprocedure trillingsmetingen

Bijlage V – Resultaten maaiveldmetingen (t.b.v. stap 1)

Bijlage VI – Resultaten metingen in woningen (t.b.v. stap 2)

Bijlage VII – Achtergrondinformatie woningmetingen

Bijlage VIII – Resultaten modelberekeningen

Bijlage IX – Maatregelenonderzoek

Bijlage X – Trillingsschade tijdens bouwfase

1 Inleiding

1.1 Project Maaslijn

1.1.1. *Aanleiding*

De Maaslijn is de spoorverbinding tussen Nijmegen, Venlo en Roermond. De spoorlijn is op grote delen enkelsporig. Het traject wordt intensief bereden en het aantal reizigers is de laatste jaren flink gegroeid. De dienstregeling is daardoor gevoelig voor vertragingen en verstoringen. Reizigers missen regelmatig hun aansluitingen op de knoopstations van Nijmegen, Venlo en Roermond.

1.1.2. *Doel*

De provincies Gelderland, Noord-Brabant en Limburg hebben samen het initiatief genomen om de Maaslijn op te waarderen en de huidige knelpunten te verhelpen en de betrouwbaarheid, robuustheid en kwaliteit van de dienstregeling te verhogen. Dit ambities willen zij realiseren met betere aansluitingen op de stations Nijmegen, Venlo en Roermond en een reistijdverkorting tussen Roermond en Nijmegen.

1.2 Voorgenomen activiteit (maatregelen op het spoor)

Om de doelstelling van de provincies te bereiken zijn de volgende projectmaatregelen voorgesteld:

- het elektrificeren van het spoor; dit betekent de aanleg van een bovenleiding over het volledige traject en de aanleg van een aantal onderstations om de bovenleiding te voeden met elektriciteit.
- spoorverdubbelingen op vier locaties
- lokale aanpassingen van de ligging (vooral bij spoorbogen), zodat met een hogere snelheid gereden, en;
- zijn maatregelen bij overwegen, eveneens noodzakelijk voor het rijden met een hogere snelheid.

1.3 Besluitvorming

1.3.1. *Provinciaal Inpassingsplan*

De Maaslijn heeft een lengte van 86 kilometer, waarvan 76 kilometer enkelsporig, en loopt door drie provincies en tien gemeenten. De voorziene maatregelen voor de opwaardering van de Maaslijn vinden in de provincies Noord-Brabant en Limburg deels buiten de bestaande spoorzone plaats. Zowel de provincie Noord-Brabant als de provincie Limburg is voornemens om deze maatregelen, elk in hun eigen provincie, ruimtelijk mogelijk te maken door het vaststellen van een provinciaal inpassingsplan (PIP). Dit is een bestemmingsplan, maar dan op provinciaal niveau. In de provincie Gelderland zijn de maatregelen zo beperkt dat ze passen binnen de geldende bestemmingsplannen.
De twee provinciale inpassingsplannen worden gelijktijdig in procedure gebracht het betreft immers één gezamenlijk project.

1.3.2. *Milieueffectrapportage (m.e.r.)*

Gekoppeld aan het opstellen en vaststellen van de provinciale inpassingsplannen moet de procedure voor de milieueffectrapportage (m.e.r.) worden doorlopen en moet een Milieueffectrapport (MER) worden opgesteld. Binnen de m.e.r.-procedure worden alle voor de opwaardering benodigde maatregelen gezien als één samenhangend project, daarom wordt één MER opgesteld voor het gehele traject van Nijmegen tot Roermond.

1.4 Leeswijzer

Dit rapport bevat de uitkomsten van het trillingsonderzoek dat is uitgevoerd voor het Provinciaal Inpassingsplan (PIP) en het milieueffectrapport (MER) voor de Maaslijn.

2 Beleidskader, wet- en regelgeving en besluitvorming

2.1 Inleiding

Bij het voorkomen van trillingen zijn drie aspecten relevant: het voorkomen van schade aan gebouwen, het voorkomen van hinder voor personen en het voorkomen van verstoring van gevoelige apparatuur.
Voor alle drie de aspecten zijn geen wettelijke normen voorhanden. In dit onderzoek wordt daarom, zoals gebruikelijk, voor trillingsschade de SBR A-richtlijn (schade aan gebouwen) gehanteerd. Voor trillingshinder zijn de SBR B-richtlijn en de daarvan afgeleide *Beleidsregel trillinghinder spoor* (hierna: Bts) gehanteerd. In de Bts heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat beleid geformuleerd over hoe trillingen te beoordelen bij bijvoorbeeld Tracéwetprocedures of een PIP. Voor verstoring van apparatuur wordt de SBR C-richtlijn (verstoring van gevoelige apparatuur) gehanteerd.
Deze drie beoordelingskaders worden in de volgende paragrafen nader omschreven, daarna wordt toegelicht welke beoordelingscriteria zijn gehanteerd in het PIP en het MER (of in beide) in paragraaf 2.5. Er zijn geen verschillen in beoordelingskaders of regelgeving tussen nationaal, provinciaal en gemeentelijk niveau.

2.2 Beoordelingskader trillingsschade

De toetsing van trillingsschade vindt in Nederland vrijwel altijd plaats op basis van de SBR A-richtlijn. Deze richtlijn beschrijft de meetmethodiek en toetsingscriteria voor trillingsschade. Van de SBR A-richtlijn is een omschrijving opgenomen in Bijlage II.

Schade door trillingen als gevolg van treinverkeer is onderzocht op basis van metingen in woningen en een modelberekening voor niet-gemeten woningen. Ook bouwwerkzaamheden kunnen leiden tot trillingen boven de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn. Daarom zijn ook bouwwerkzaamheden nader onderzocht.

2.3 Beoordelingskader trillinghinder

Tot op heden zijn normen voor trillingshinder nog niet vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. Vooruitlopend op eventuele toekomstige wetgeving heeft het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in 2012 een *Beleidsregel trillinghinder spoor* (Bts) opgesteld, die een wijziging van en aanvulling op de eerder gebruikte SBR B-richtlijn is. In 2014 is een aangevulde versie van de Bts gepubliceerd, waarbij vooral nader wordt ingegaan op de volgende onderdelen:

1. De normstelling voor het al dan niet treffen van maatregelen. De Bts geeft aan wanneer maatregelen ter voorkoming of beperking van trillingshinder achterwege kunnen blijven bij de aanleg of wijziging van een spoorweg;
2. De mogelijkheid om maatregelen af te wegen op grond van doelmatigheid, door middel van een kosteneffectiviteitscriterium. In dit kosteneffectiviteitscriterium wordt uitsluitsel gegeven of bepaalde maatregelen, gezien de kosten, effectiviteit, milieu- en maatschappelijke impact en de mate van trillingshinder voldoende kosteneffectief zijn. Doorgaans wordt een richtbedrag van € 47.000 per woning met overschrijdingen genoemd. Voor kantoren wordt een bedrag van € 500 per werkplek aangehouden[1];
3. De trillingssterkte V_{max} wordt bepaald over een meetperiode van tenminste 1 week. De meetmethode en de naverwerkingsmethode om te komen tot deze waarde zijn opgezet met het doel de reproduceerbaarheid van de metingen en berekeningen zo groot mogelijk te maken. Deze methodiek is beschreven in een memo van Level Acoustics[2] en wordt beknopt toegelicht in Bijlage IV;
4. De trillingsintensiteit V_{per} wordt afzonderlijk getoetst. Een situatie voldoet als zowel de streefwaarde voor V_{max} als voor V_{per} wordt gehaald.

De streef- en grenswaarden in de Bts verschillen over de dag en avond (7.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur) en per gebouwfunctie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen *gebouwen met een kritische werkruimte*

[1] Dit bedrag is gebaseerd op een MKBA[1], uitgevoerd door Witteveen+Bos, Royal Haskoning DHV en TNO in relatie tot de *Beleidsregel trillinghinder spoor* (Bts). Dit bedrag wordt bij ook bij andere Tracébesluiten gebruikt als richtbedrag voor het treffen van maatregelen, en is inclusief projectmanagement, engineering, administratie en toezicht (PEAT) en BTW.
[2] Koopman , A., LA.131001a.M04 van 13 april 2018

(gevoelige apparatuur e.d.), *gezondheidszorg en wonen* en *kantoren* en *gebouwen ten behoeve van onderwijs of bijeenkomsten*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes, zie Tabel 1 voor de normstelling voor bestaande situaties.

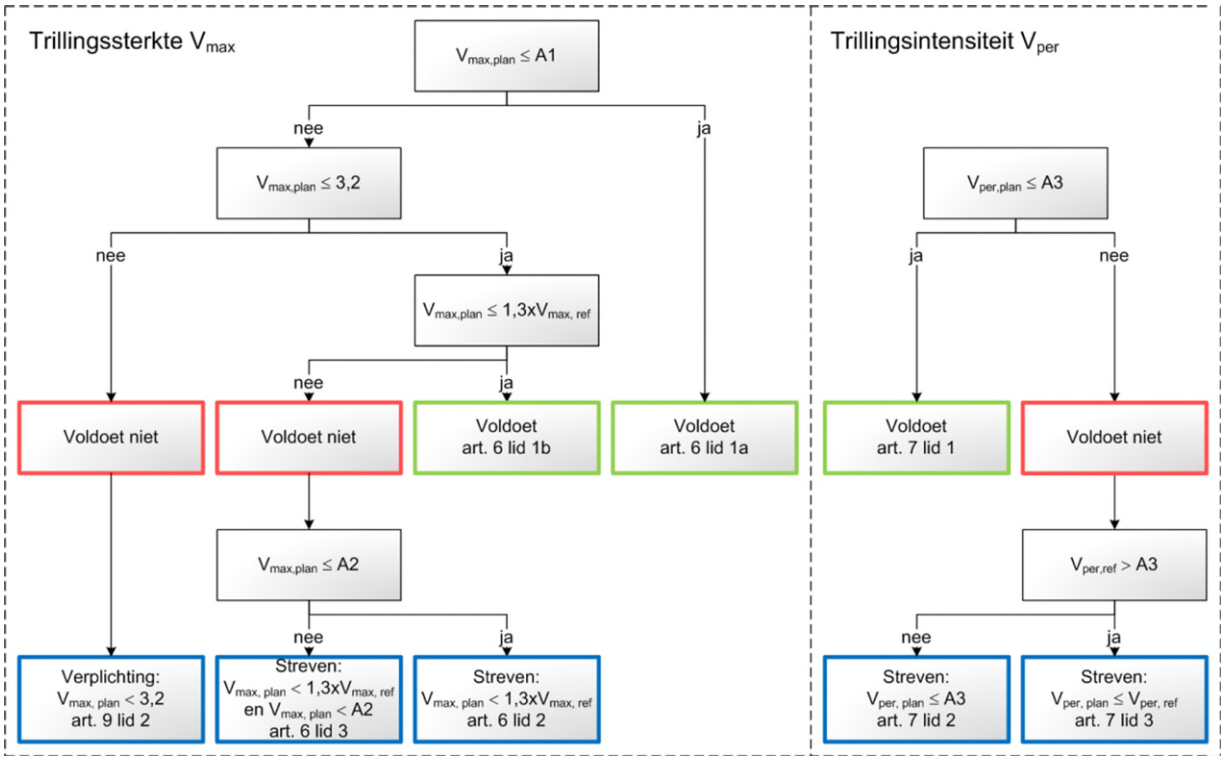
Tabel 1 Normstelling bestaande situatie volgens Bts[3]

	Dag en avond			Nacht		
Gebouwfunctie	**A1**	**A2**	**A3**	**A1**	**A2**	**A3**
Gezondheidszorg en wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Onderwijs, kantoor en bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische ruimte	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

Om te beoordelen of een bepaalde locatie voldoet aan de Bts moet het schema in Figuur 1 worden doorlopen. Dit schema geeft aan wanneer maatregelen dienen te worden afgewogen. Maatregelen ter voorkoming of beperking van de trillingshinder met betrekking tot de waarde van V_{max} kunnen achterwege blijven indien wordt voldaan aan één van de twee volgende condities:

1. De waarde van V_{max} in de plansituatie is lager dan A1 en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3 uit Tabel 1.
2. De toename in trillingssterkte in de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie is 30 procent of minder en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3 en de trillingssterkte in de plansituatie is lager dan de grenswaarde van 3.2.

Een nadere omschrijving van het beoordelingskader is te vinden in Bijlage II.



Figuur 1: Beoordeling van gewijzigde situaties in de Bts

[3] De in Tabel 1 benoemde streef- en grenswaarden zijn A1, de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}, A2, de grenswaarde voor de trillingssterkte V_{max} en A3, de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per}.

2.4 Beoordelingskader verstoring van gevoelige apparatuur

Voor trillingsgevoelige apparatuur wordt in de SBR C-richtlijn verwezen naar de specifieke eisen van de apparaten zelf, omdat deze sterk verschillen per type apparaat en fabrikant. Wanneer uit het onderzoek blijkt dat sprake is van verstoring van gevoelige apparatuur, dan worden voor die apparatuur de bijbehorende trillingseisen gehanteerd.

2.5 Gehanteerde beoordelingscriteria

In de volgende subparagrafen wordt ingegaan op de voor het MER- en PIP-onderzoek gebruikte beoordelingscriteria, gebaseerd op bovenstaande beoordelingskaders.

2.5.1. *MER-onderzoek*

Tot op heden zijn er geen richtlijnen vastgelegd om de effecten van trillingshinder objectief en systematisch in beeld te brengen ten behoeve van de beoordeling in een m.e.r.-procedure. Wel zijn er richtlijnen om trillingshinder te beoordelen ten behoeve van ruimtelijke besluiten, zoals Tracébesluiten, Provinciale Inpassingsplannen en bestemmingsplanprocedures. Deze richtlijnen geven echter geen directe aanwijzingen om de milieueffecten van trillingshinder te beschrijven. Belangrijk voor een juiste beoordeling van de effecten van trillingshinder is dat de methode aansluit bij de eisen van de m.e.r.-systematiek, aansluit bij de hinderbeleving van omwonenden en voldoende onderscheidend vermogen heeft, zodat het mogelijk is om (wanneer van toepassing) een juiste variantenkeuze te maken.

Internationaal is een groot aantal onderzoeken uitgevoerd waarin de relatie tussen trillingssterkte en hinderbeleving is vastgesteld door middel van enquêtes en wetenschappelijk onderzoek, zie Tabel 2. Met behulp van deze onderzoeken is door Movares een curve samengesteld die aangeeft bij welke trillingssterkte hoeveel procent van de omwonenden hinder ervaart, zie Figuur 2. Er wordt geen uitspraak gedaan over de mate van hinder (lichte hinder, matige of ernstige hinder), maar alleen over het percentage personen dat hinder ervaart, gegeven de trillingssterkte in die woning. Deze curve is eerder ook bij trillingsonderzoeken gehanteerd.

Tabel 2: Internationale onderzoeken naar hinderbeleving

[1] Asmussen, Bernd e.a., *Review of existing standards, regulations and guidelines, as well as laboratory and field studies concerning human exposure to vibration,* RIVAS Deliverable D1.4, 12 januari 2011

[2] Woodcock, James e.a., *Human response to vibration from passenger and freight railway traffic in residential environments,* ICSV19, Vilnius, Lithuania, 8-12 juli 2012

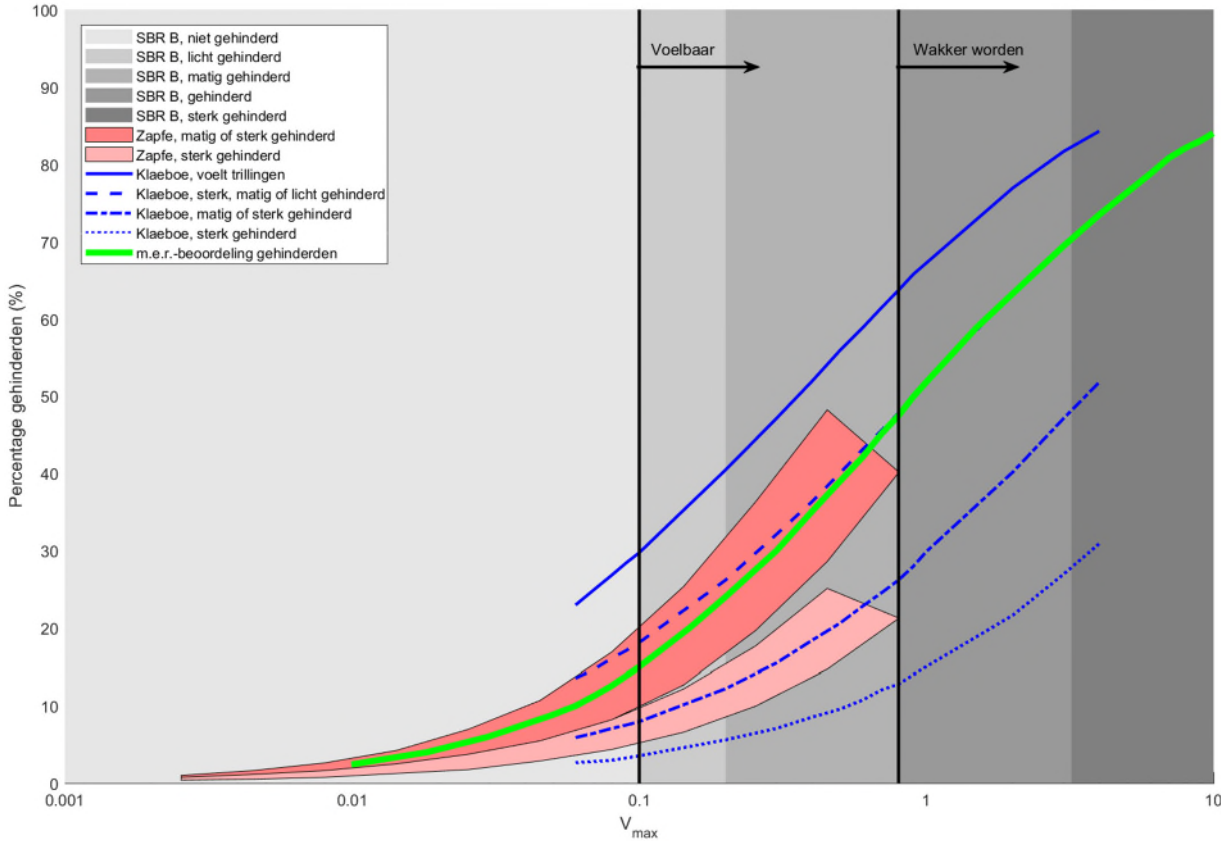
[3] Klaeboe, R. e.a., *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part II: exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models,* Applied Acoustics, 64, 89-109, 2003

[4] Klaeboe, R. e.a., *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part III: towards a common methodology for socio-vibrational surveys,* Applied Acoustics, 64, 111-120, 2003

[5] Steinhauser, P. e.a., *Erschutterungsbeurteiling nach ONORM S 9012 im Vergleich zur internationalen Normung, Larmbekampfung,* Bd. 5 Nr. 5, 206-212, 2010

[6] Zapfe, J.A. e.a., *Groundborn Noise and Vibration in Buildings Caused by Rail Transit, Final report for Transit Cooperative Research Program (TCRP)*, D-12, 2009

[7] SBR B-richtlijn, *Hinder voor personen in gebouwen, meet- en beoordelingsrichtlijnen,* augustus 2002



Figuur 2: Kans op hinder als functie van de trillingssterkte V_{max} (groene curve)

Op basis van bovenstaand beoordelingskader zijn twee toetsingscriteria gehanteerd ten behoeve van het MER:

1. Toename of afname van het aantal door trillingen gehinderde personen ten opzichte van de referentiesituatie – op basis van de hindercurve uit Figuur 2. Dit is criterium 1.
2. Aantal adressen boven grenswaarden uit de Bts. Boven deze grenswaarde kunnen maatregelen nodig zijn. Dit is criterium 2. Hierbij wordt zowel de grenswaarde A2 (voor de trillingssterkte V_{max}, een indicatie van het maximum van de trillingen over een periode van een week) als de grenswaarde A3 (voor de trillingsintensiteit V_{per}, een indicatie van het tijdsgemiddelde van de trillingen) beschouwd.

Ten behoeve van de beoordeling in het MER worden de uitkomsten van het trillingsonderzoek vertaald naar kwalitatieve scores. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de beoordeling zoals weergegeven in Tabel 3. De kwantitatieve scores zijn in lijn met eerdere projecten, zoals PHS Amsterdam Centraal, en geven de toe- of afname van het aantal gehinderden weer ten opzichte van de referentiesituatie. Om te voorkomen dat bijvoorbeeld een toename van 5 naar 6 overschrijdingen in het hele plangebied gelijk leidt tot een *negatief effect*, wordt daarnaast een minimumaantal van 20 adressen gehanteerd.

Tabel 3: Beoordelingsschaal trillingshinder in MER-beoordeling

Score	Kwalitatief Oordeel	Kwantitatieve score
++	Positief effect	10% of meer afname bij minimaal 20 adressen
+	Beperkt positief effect	2 tot 10% afname bij minimaal 20 adressen, of grotere afname bij minder dan 20 adressen
0	Geen/neutraal effect	0 tot 2% toe- of afname
-	Beperkt negatief effect	2 tot 10% toename bij minimaal 20 adressen, of grotere toename bij minder dan 20 adressen
- -	Negatief effect	10% of meer toename bij minimaal 20 adressen

Voor het aspect trillingsschade wordt aangegeven of er een kans is op trillingsschade ten gevolge van bouwactiviteiten. Dit is het derde criterium in het MER-onderzoek.

2.5.2. *PIP-onderzoek*

In het kader van het PIP zijn de trillingseffecten van het project beoordeeld op het van toepassing zijnde beoordelingskader. Voor trillingsschade is dat de SBR A-richtlijn, voor trillingshinder de Bts en voor verstoring van gevoelige apparatuur de SBR C-richtlijn.

3 Onderzoeksmethode en aanpak

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek beschreven, daarbij wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- de beschrijving van de huidige, referentie- en plansituatie, alsmede de voor dit onderzoek gebruikte uitgangspunten.
- de afbakening van het studiegebied, dit is het gebied waar de effecten optreden
- de methode waarmee de effecten zijn onderzocht

3.2 Situaties en uitgangspunten

In het trillingsonderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen drie situaties:

1. De bestaande situatie conform de Bts, in 2017 (het startpunt van de onderzoeken). De bestaande of huidige situatie wordt in de Bts beschreven als de referentiesituatie, maar om in het kader van het m.e.r.-onderzoek geen verwarring te scheppen, wordt de huidige situatie in deze rapportage benoemd als bestaande situatie.
2. De referentiesituatie, welke bestaat uit de bestaande situatie plus autonome ontwikkelingen, in het planjaar 2030. Deze situatie ontstaat als het project niet zou worden gerealiseerd.
3. De plansituatie, de situatie die ontstaat na realisering van het project in het jaar 2030.

De verschillende situaties worden hieronder toegelicht op de voor trillingen relevante onderdelen.

3.2.1. *Bestaande situatie*

Deze subparagraaf bevat een beschrijving van de bestaande situatie. Als bestaande situatie geldt de spoorligging en het spoorgebruik van 2017, vóór aanvang van de werkzaamheden ten behoeve van het project. De beoordeling van trillingshinder vindt plaats ten opzichte van deze situatie. Alle overige gegevens, zoals spoorgebruik en treinintensiteiten, worden ook genomen uit dit referentiejaar en zijn gebaseerd op de realisatiegegevens van 2017. Er zijn geen significante verschillen in deze gegevens tussen 2017 en 2021, deze gegevens zijn daarom ook representatief voor 2021.

Voor de snelheidsprofielen worden de snelheidsprofielen uit de Naleving 2018 (identiek als bij geluidsonderzoek, geen wijzigingen ten opzichte van het referentiejaar 2017 in snelheidsprofielen) gebruikt. De in dit onderzoek gehanteerde snelheden van reizigers- en goederentreinen zijn weergegeven in Figuur 3 (bestaande situatie komt qua snelheden overeen met de referentiesituatie).

De treinaantallen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 4, en zijn gebaseerd op de realisatiegegevens van 2017.

3.2.2. *Referentiesituatie*

De referentiesituatie bestaat uit de huidige (of bestaande) situatie, aangevuld met autonome ontwikkelingen tot het jaar 2030. De enige wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie zijn een toename van het aantal goederentreinen en de realisatie van nieuwbouw in de nabijheid van het spoor.

In vergelijking met de huidige situatie komen er in de referentiesituatie meer goederentreinen te rijden. De treinaantallen per uur per richting zijn weergegeven in Tabel 4.

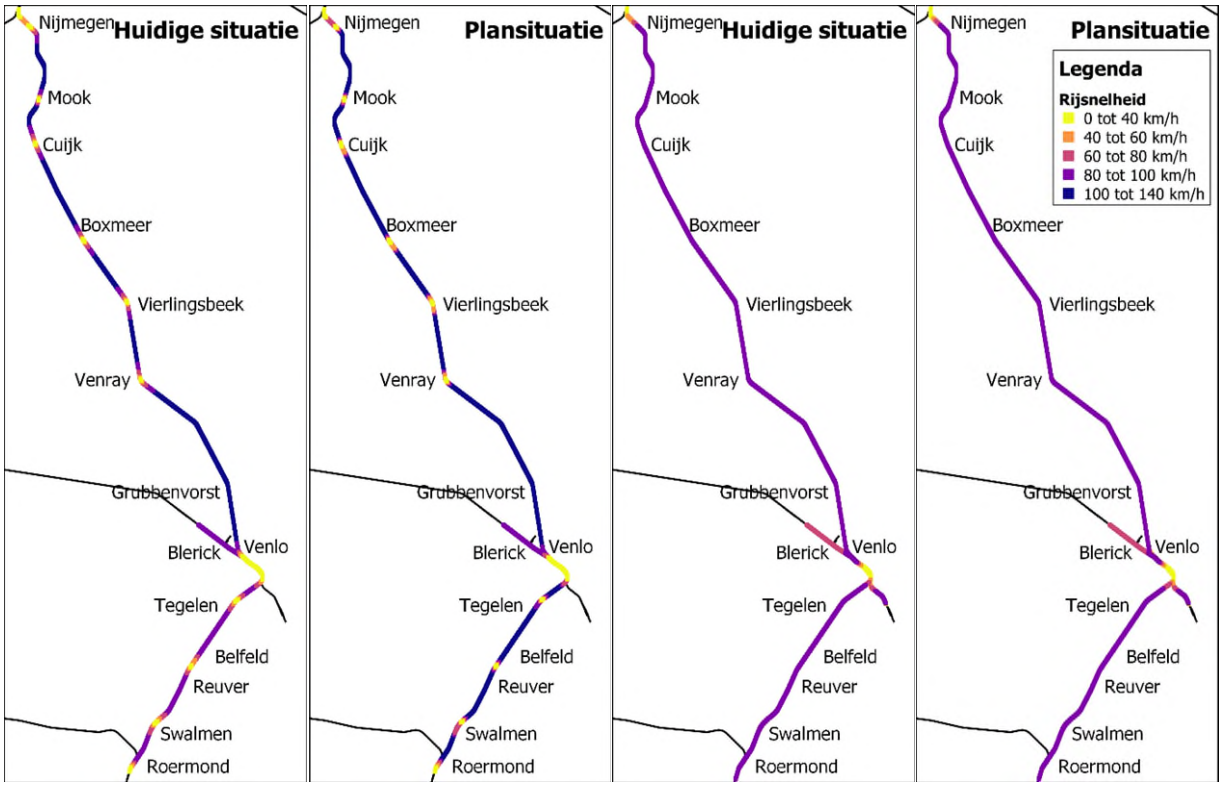
Op een aantal locaties langs het spoor worden woningen gebouwd of bestaande gebouwen ontwikkeld tot woningen. Voor het bepalen van de kans op milieueffecten zijn alleen de plannen meegenomen die zich binnen het onderzoeksgebied (een zone van 200 meter aan weerszijden van de sporen) bevinden. Voor een deel van de bouwplannen zijn de bouwvlakken nog niet bekend, zodat de trillingssituatie niet nauwkeurig kan worden bepaald. In dat geval is een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van de afmetingen van de bebouwing. Op basis daarvan zijn de trillingseigenschappen van de bebouwing ingeschat.

3.2.3. *Plansituatie*

Deze paragraaf bevat een beschrijving van de plansituatie, de situatie die ontstaat na realisatie van het project. In de project- of plansituatie zijn de belangrijkste wijzigingen veranderingen in sporenlay-out, rijsnelheid, elektrificatie van het spoor en de daarmee samenhangende wijziging in treintypes en het verwijderen of verplaatsen van wissels.

De snelheden van de treinen zijn bepaald aan de hand van de seinplaatsing en de optrek- en remcurves van de treinen. De maximale snelheid van goederen- en reizigerstreinen in de bestaande situatie (referentiesituatie is gelijk aan de bestaande situatie) en de plansituatie is weergegeven in Figuur 3. In Bijlage VI wordt nader ingegaan op het effect van het verhogen van de rijsnelheid. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de bestaande situatie zijn:

- Verhoging van de rijsnelheid voor reizigerstreinen op de noordelijke Maaslijn van 130 naar 140 km/h. Door de inzet van elektrisch materieel met snellere rem- en optrekkarakteristieken blijft de snelheid rond de stations ook langer hoog.
- Verhoging van de rijsnelheid voor reizigerstreinen op de zuidelijke Maaslijn van 100 naar 140 km/h. Door de inzet van elektrisch materieel met snellere rem- en optrekkarakteristieken blijft de snelheid rond de stations ook langer hoog.



Figuur 3: Maximale snelheden voor (van links naar rechts) reizigerstreinen in de huidige situatie, in de plansituatie, goederentreinen in de huidige situatie en goederentreinen in de plansituatie

De aantallen treinen per uur per richting in de bestaande, referentie- en plansituatie zijn weergegeven in Tabel 4. In deze tabel staat *Best.* voor de bestaande situatie, *Ref.* voor referentiesituatie en *Plan* voor plansituatie. De treinaantallen zijn gemiddeld over het jaar en gemiddeld over beide richtingen. Op de noordelijke Maaslijn rijdt maar beperkt goederenverkeer (goederentrein Geleen-Emmen), terwijl op het zuidelijk deel van de Maaslijn ook treinen vanaf de Brabantroute (vanuit Eindhoven/Helmond) invoegen. Tussen Blerick en Venlo is het aantal goederentreinen het grootst, de meeste goederentreinen van de Brabantroute rijden vanuit Blerick door naar Duitsland, en komen daardoor niet op de Maaslijn terecht.

Tabel 4: Treinaantallen per uur per richting voor bestaande situatie, referentiesituatie en plansituatie

	Dag (7:00 – 19:00)			Avond (19:00 – 23:00)			Nacht (23:00 – 7:00)		
Dienst	Best.	Ref.	Plan	Best.	Ref.	Plan	Best.	Ref.	Plan
ST Nijmegen-Venray v.v.	3.19	3.19	3.19[4]	2.00	2.00	2.00	0.65	0.65	0.65
ST Venray-Roermond v.v.	2.04	2.04	2.04	2.15	2.15	2.15	0.84	0.84	0.84
IC Eindhoven-Venlo v.v.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.64	0.64	0.64
GO Nijmegen-Blerick v.v.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.08	0.08
GO Blerick-Venlo v.v.	0.88	0.60	0.60	0.96	0.66	0.66	0.66	0.49	0.49
GO Venlo-Roermond v.v.	0.24	0.34	0.34	0.26	0.38	0.38	0.22	0.31	0.31

Het spoortraject wordt in het kader van het project geëlektrificeerd. Dit betekent dat het diesel aangedreven GTW-materieel vervangen zal worden door elektrisch aangedreven FLIRT-materieel. Beide treintypes zijn weergegeven in Figuur 4. De invloed van deze verandering in treintype wordt toegelicht in Bijlage VI.



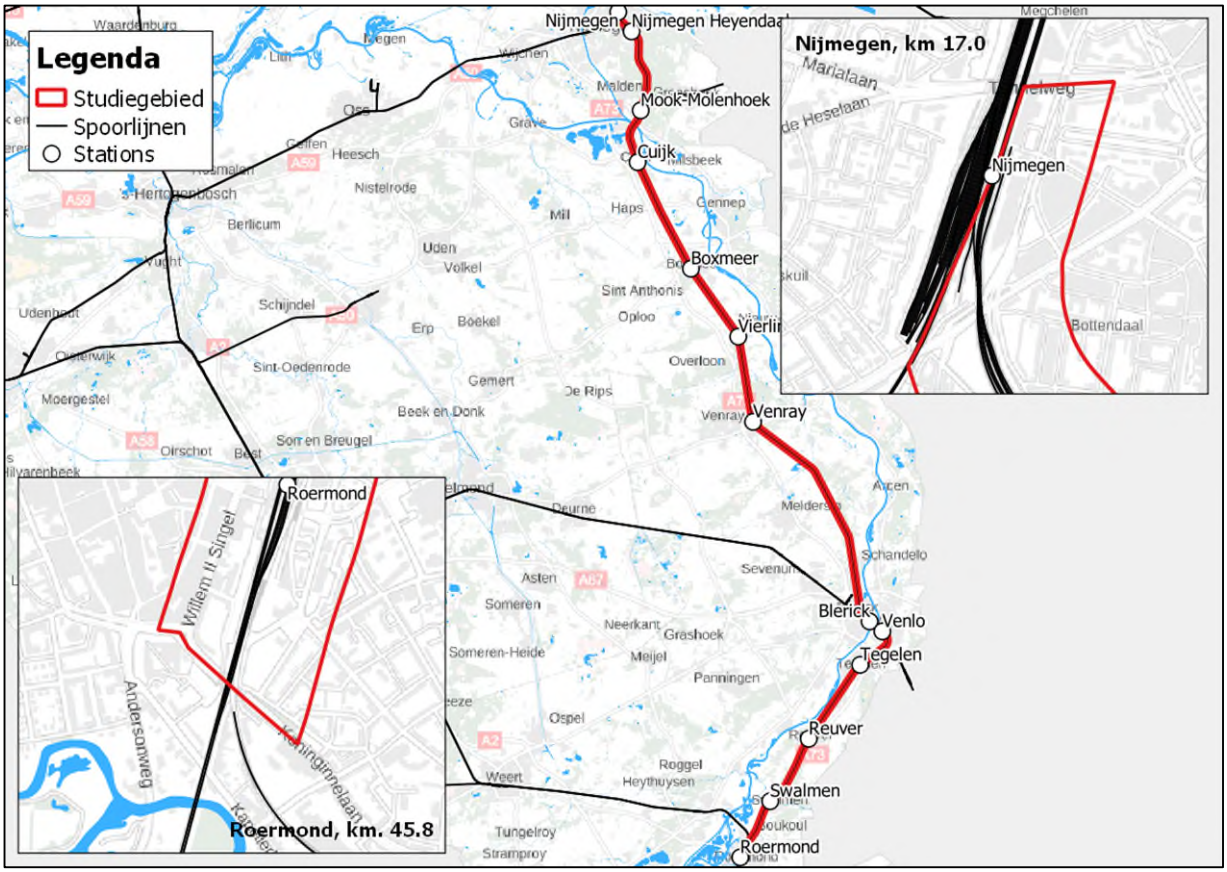
Figuur 4: FLIRT (midden) en GTW (rechts) bij Stadler-werkplaats in Blerick

3.3 Plan- en studiegebied

Het plangebied van de Maaslijn bevindt zich tussen km. 17.0 (station Nijmegen) en km. 45.8 (ten zuiden van station Roermond). Voor het trillingsonderzoek wordt een zone van 200 meter aan weerszijden van het spoor gehanteerd, buiten deze zone zijn geen significante trillingseffecten van het project te verwachten. Bovendien zorgt lokaal (zwaar) wegverkeer buiten deze zone vaak voor hogere trillingen dan de treinen. Tot op 200 meter

[4] Tussen Nijmegen en Boxmeer rijdt er in de plansituatie een extra spitstrein. Tussen Nijmegen en Boxmeer is het aantal treinen per dag in de plansituatie niet 3.19, maar minimaal hoger, namelijk 3.27.

afstand zijn, afhankelijk van bijvoorbeeld de treinen en het bodemtype, in uitzonderlijke gevallen nog wel effecten waar te nemen.
In het gebied tussen het startpunt van het plangebied (km. 17.0) en de aansluiting bij Nijmegen vinden geen wijzigingen in rijsnelheid of andere wijzigingen plaats t.g.v. het project, hetzelfde geldt voor het gebied tussen de noordelijke aansluiting van de Maaslijn bij Blerick en de zuidelijke aansluiting bij Venlo, en voor het gebied ten zuiden van de noordelijke aansluiting bij Roermond. Voor een eenduidig totaaloverzicht is ervoor gekozen om het studiegebied voor het trillingsonderzoek samen te laten vallen met het plangebied, zie Figuur 5. Alleen bij station Nijmegen is de zone ten westen van de sporenbundel niet meegenomen, hier zorgt goederenverkeer op de lijn Arnhem – 's Hertogenbosch voor hogere trillingen dan het treinverkeer op de Maaslijn: op de spoorlijn Arnhem – 's Hertogenbosch rijdt het treinverkeer sneller en is sprake van zwaar goederenverkeer, wat niet op de noordelijke Maaslijn rijdt. Bovendien ligt de spoorlijn Arnhem – 's Hertogenbosch dichterbij deze bebouwing. Aan de westzijde van de sporenbundel verandert daarom niets als gevolg van het project. Daarom is dit gedeelte buiten beschouwing gelaten.



Figuur 5: Studiegebied trillingsonderzoek

3.4 Onderzoeksmethode

Dit rapport beschrijft zowel het onderzoek zoals dat is uitgevoerd ten behoeve van de MER als ten behoeve van het PIP. Hierbij is een aanpak gevolgd volgens onderstaande volgorde:

1. Onderzoek naar de trillingseffecten ten behoeve van de MER. Hiervoor zijn de volgende aspecten onderzocht, zie ook het voorgaande hoofdstuk:
    a. Aantal gehinderden (o.b.v. de hindercurve uit Figuur 2).
    b. Aantal overschrijdingen van de grenswaarden uit het beoordelingskader voor trillingshinder, de Bts.
    c. Aantal panden met kans op trillingsschade (o.b.v. overschrijdingen van de SBR A-richtlijn).
2. Beoordelen van de plansituatie ten behoeve van het PIP op de drie trillingsaspecten:
    a. Schade aan gebouwen (o.b.v. de SBR A-richtlijn).

b. Hinder aan personen in gebouwen (o.b.v. de Bts).
c. Verstoring van gevoelige apparatuur (o.b.v. de SBR C-richtlijn).

In de volgende paragrafen wordt beschreven hoe de onderzoeken naar trillingsschade (t.b.v. MER en PIP), trillingshinder (t.b.v. MER en PIP) en verstoring van gevoelige apparatuur (alleen t.b.v. PIP) zijn uitgevoerd. Op basis van de resultaten uit deze onderzoeken is de effectbeoordeling (voor de MER) en de toetsing aan de richtlijn (voor het PIP) uitgevoerd.

3.4.1. *Onderzoek naar trillingsschade*

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingsschade tijdens de bouwfase is een analyse gedaan van bouwwerkzaamheden die mogelijk tot trillingsschade in omliggende panden kunnen leiden. Het gaat dan met name om werkzaamheden zoals het aanbrengen van palen (bijv. t.b.v. nieuwe kunstwerken en gebouwen) en het aanbrengen van damwanden (bijv. bij bouwkuipen of grondkeringen). Het voorliggende project voorziet alleen op de locatie Op de Berg (tussen Belfeld en Reuver) in dergelijke werkzaamheden. Daar wordt een damwand geplaatst om de taludstabiliteit te vergroten. Verder voorziet het project niet in werkzaamheden die voor trillingsschade in de omgeving kunnen zorgen. Bij de uitbreiding van het viaduct Heumensebaan in Mook zijn geen werkzaamheden met hoge trillingen voorzien, en ook bijvoorbeeld onderstations t.b.v. de energievoorziening worden, gezien de grondslag van de bodem, op een niet onderheide fundering gerealiseerd. De andere werkzaamheden binnen het project, zoals het aanbrengen van bovenleidingportalen, het aanbrengen en verwijderen van sporen en zwaar transport zullen, gezien de afstand tot de bebouwing niet leiden tot trillingsschade aan gebouwen.

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingsschade tijdens de bouwfase is een berekening uitgevoerd met een op de CUR166-richtlijn gebaseerd prognosemodel, aangevuld met praktijkervaringen uit eerdere projecten.

Schade als gevolg van trillingen door treinverkeer is onderzocht met behulp van metingen in woningen, aangevuld met modelberekeningen voor niet-gemeten objecten. Het hiervoor gebruikte model wordt in de volgende paragraaf toegelicht. Per object wordt getoetst of de grenswaarden voor trillingsschade worden overschreden, en zo ja, of het project leidt tot een toename van de trillingen. Alleen bij overschrijding van de grenswaarden *en* een toename van de trillingen is sprake van een mogelijke toename van de kans op trillingsschade, en zijn mitigerende maatregelen nodig.

3.4.2. *Onderzoek naar trillingshinder*

Ten behoeve van het onderzoek naar trillingshinder zijn verschillende stappen doorlopen. De stappen hebben een toenemende nauwkeurigheid, waarbij in elke volgende stap de nauwkeurigheid groter wordt. Op deze manier wordt alleen verder onderzoek gedaan op een locatie wanneer dat nodig is, de zogenaamde zeefmethode.
De volgende stappen zijn achtereenvolgens doorlopen:

1. *Stap 1: indicatieve trillingsmetingen en prognoses*
   Om een goede voorspelling te kunnen maken van de trillingssituatie, is een quickscan gedaan om voor het gehele onderzoeksgebied de trillingssituatie in beeld te brengen op basis van expert judgment. Door middel van deze quickscan is een inventarisatie gemaakt van locaties waar een overschrijding van het beoordelingskader (de Bts) kan optreden door een toename van de trillingssterkte V_{max} of de trillingsintensiteit V_{per} als gevolg van het project. Op locaties waar een overschrijding van het beoordelingskader niet valt uit te sluiten, is nader onderzoek verricht[5]. Op deze locaties zijn trillingsmetingen uitgevoerd aan treinpassages op maaiveld loodrecht op het spoor, om de bronsterkte van de verschillende passerende treinen te bepalen en om de uitdemping van de trillingen met de afstand tot het spoor vast te

[5] Deze stap is in 2016 uitgevoerd. Hierbij is de volgende aanpak gevolgd: er zijn adressen geselecteerd in de gebieden waar de plansituatie kan leiden tot een wijziging aan het spoor door een wijziging in spoorligging en/of rijsnelheid. Uit deze gebieden zijn 200 huishoudens aangeschreven met het verzoek of ze mee wilden werken aan het onderzoek. In totaal hebben ruim 80 bewoners hier positief op gereageerd. Op basis van de situatie, gebouweigenschappen, beschikbaarheid van internet en afstand tot een station zijn uiteindelijk 25 woningen gekozen. Bij 14 van deze woningen zijn maaiveldmetingen verricht.

stellen[6]. Deze metingen zijn vervolgens gebruikt in het rekenmodel Vibra*Dyna*[7]. Met dit model kan voor elk gebouw een uitspraak worden gedaan over de kans op het wel of niet overschrijden van de Bts na realisatie van het project. Met Vibra*Dyna* is voor het gehele onderzoeksgebied de trillingssituatie in beeld gebracht op basis van locatiespecifieke metingen. Het model is toegepast op een zone van 200 meter aan weerszijden van de sporen. Op grotere afstand tot het spoor is geen significante toename in trillingshinder te verwachten en zijn de trillingssterktes lager dan de A1-streefwaarde uit de Bts. Trillingen zijn op dergelijke grote afstanden doorgaans niet voelbaar.
Met het model worden voor alle gebouwen in het onderzoeksgebied in de bestaande en plansituatie de trillingssterkte V_{max} en de trillingsintensiteit V_{per} bepaald. Door de rekenresultaten in de verschillende situaties te toetsen aan de Bts, wordt zichtbaar voor welke locaties er een kans is op overschrijden van het beoordelingskader. Voor locaties die op basis van de rekenresultaten niet voldoen aan de Bts is nader onderzoek verricht in de hieronder beschreven stap 2 van het trillingsonderzoek.

2. *Stap 2: Nauwkeurige trillingsprognoses in gebouwen*
   In de tweede stap van het trillingsonderzoek zijn alleen die locaties beschouwd waar op basis van de resultaten van stap 1 een toename in trillingshinder waarschijnlijk is. Voor deze stap is gebruik gemaakt van metingen in gebouwen (zie Bijlage II voor methode van verwerking van de metingen).
   Per groep vergelijkbare gebouwen met mogelijke overschrijdingen uit stap 1 is een aantal representatieve woningen (qua ligging, type en bouwstijl) geselecteerd waarin metingen zijn verricht[8]. Vanuit de metingen wordt vervolgens per treinpassage een prognose gemaakt voor de toekomstige trillingssterkte, aan de hand van de parameters die wijzigen.
   Het resultaat van deze stap is een trillingsprognose die kan worden beschouwd als de meest nauwkeurige prognose die met de thans beschikbare middelen mogelijk is. Indien er na deze stap nog steeds locaties overblijven waar (een toename van) trillingshinder waarschijnlijk is, dan worden er voor deze locaties in stap 3 maatregelen beschouwd.
3. *Stap 3: Indien nodig ontwerpen van maatregelen*
   Mocht uit stap 2 van het onderzoek blijken dat er locaties zijn die niet voldoen aan het beoordelingskader, dan worden voor deze locaties maatregelen ontworpen en doorgerekend op effectiviteit en kosten. Bij deze afweging van maatregelen wordt ook aangegeven of bepaalde maatregelen kosteneffectief zijn, en daarmee mogelijk doelmatig.

3.4.3. *Onderzoek naar verstoring van gevoelige apparatuur*

Verstoring van gevoelige apparatuur kan optreden als er sprake is van een toename van de trillingssterkte. In dit onderzoek is met behulp van het rekenmodel (uit stap 1 van het onderzoek naar trillingshinder) gekeken waar sprake is van een toename van de trillingen. Op die locaties, en in een zone van 200 meter rond bouwwerkzaamheden, is een analyse uitgevoerd om vast te stellen of er mogelijk sprake is van verstoring van gevoelige apparatuur. Hierbij is bepaald of er bedrijven aanwezig zijn die gebruik maken van gevoelige apparatuur in de nabijheid van genoemde locaties. Buiten de 200 meter-zone zorgen overige omgevingstrillingen (zoals wegverkeer) voor hogere trillingen.

[6] Maaiveldmetingen: bij deze metingen worden de trillingen van de passerende treinen op een vaste referentieafstand van 20 meter, en daarnaast ook op grotere afstand gemeten op verschillende locaties langs het tracé. De metingen zijn bemand uitgevoerd, alleen treinpassages zijn vastgelegd, stoortrillingen (bijv. van overig verkeer) worden buiten beschouwing gelaten.
[7] Vibra*Dyna* is een door Movares ontwikkeld rekenmodel, gebaseerd op empirische formules, modelberekeningen en een groot aantal metingen, dat de trillingen van weg- en railverkeer berekent. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van versie 1.5.
[8] Deze stap is in 2016 uitgevoerd, in 2020 zijn naar aanleiding van aanpassingen in het ontwerp van de Maaslijn nog aanvullende metingen uitgevoerd op de zuidelijke Maaslijn, en in 2021 naar aanleiding van zienswijzen ook aanvullende metingen op de noordelijke Maaslijn. De aanpak voor 2016 is in een voetnoot op de voorgaande pagina omschreven. 4 van de 21 woningmetingen uit 2016 zijn niet herbruikbaar in dit onderzoek, omdat deze met verouderde meetsystemen zijn opgenomen, die geen resultaten konden produceren die geschikt zijn om te verwerken conform de meest recente naverwerkingsmethode voor de Bts, uit 2018. Deze 4 woningen (3 in Cuijk en 1 in Reuver) zijn buiten beschouwing gelaten in dit rapport. Voor de nauwkeurigheid van dit onderzoek heeft dit geen significante invloed, omdat zowel in Cuijk als in Reuver al in meerdere representatieve gebouwen een meting is uitgevoerd.

3.4.4. *Betrouwbaarheid van het onderzoek*

In dit onderzoek is gewerkt met een methode die van grof naar fijn gaat. De resultaten zijn gebaseerd op een zo nauwkeurig mogelijke predictie van de toekomstige situatie. Hierbij is gebruik gemaakt van een combinatie van een gevalideerd VibraDyna-model (zie Bijlage I), maaiveldmetingen op 14 locaties en woningmetingen op 25 locaties verspreid langs het tracé. De belangrijkste veranderingen binnen het project (dichterbij komen van de sporen, hogere rijsnelheid, verandering van treintype) zijn afzonderlijk onderzocht en zo nauwkeurig mogelijk in kaart gebracht, zie Bijlage VI. De onzekerheden van al deze veranderingen zijn meegenomen in de predicties, om te komen tot een P95-model voor trillingshinder en een P99-model voor trillingsschade. Dat betekent dat er in werkelijkheid per individuele woning een kans is van 5 respectievelijk 1 procent op een hogere trillingssterkte of grotere toename van de trillingen dan de berekeningen in dit onderzoek laten zien. Dit zijn de gebruikelijke betrouwbaarheidsintervallen bij het beoordelen van trillingshinder respectievelijk trillingsschade.

4 Onderzoeksresultaten

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt eerst de beoordeling van het voornemen voor het PIP weergegeven conform het beoordelingskader in paragraaf 2.5. Daarna wordt ingegaan op de effecten van het voornemen ten behoeve van de MER, per toetsingscriterium uit paragraaf 2.5. Alle beschreven effecten zijn zonder maatregelen.

4.2 Beoordeling t.b.v. het PIP

In de volgende subparagrafen worden de aspecten trillingsschade, trillingshinder en verstoring van gevoelige apparatuur beschreven ten behoeve van de PIP-beoordeling.

4.2.1. *Trillingsschade*

Tijdens de bouwfase van het project is in een aantal panden sprake van een kans op trillingsschade als gevolg van bouwwerkzaamheden. De locaties met een kans op trillingsschade in de bouwfase zijn weergegeven in kaarten in Bijlage X, het betreft twee monumentale panden (Onderstehofweg 1 in Reuver met bijbehorende opstal) en een woonhuis (Op de Berg 1 in Belfeld). Het aanbrengen van een damwand, benodigd voor de stabiliteit van het spoortalud rond het viaduct, kan leiden tot trillingsschade in deze panden. In dit onderzoek is worst-case gerekend om de kans op trillingsschade te bepalen. Dit kan leiden tot een overschatting van de afstand waarop de werkzaamheden schade kunnen veroorzaken. Op voorgenoemde locatie, met een kans op trillingsschade als gevolg van bouwwerkzaamheden, dient daarom na detaillering van de bouwwerkzaamheden te worden getoetst of er nog steeds een kans op schade is, liefst met een gedetailleerder rekenmodel (als er meer informatie beschikbaar is). Indien schade nog steeds niet is uit te sluiten, dan dient een trillingsarme bouwmethode te worden gekozen (drukkend aanbrengen, i.c.m. grond voorwoelen of voorboren om gronddruk te verlagen t.b.v. inbrengbaarheid van de damwand), of een combinatie van een bouwkundige vooropname van de panden in combinatie met monitoring tijdens de bouwwerkzaamheden, zodat de werkzaamheden tijdig kunnen worden stilgelegd. Met deze voorzorgsmaatregelen wordt schade aan omliggende panden voorkomen.

Om de trillingen van het treinverkeer in de exploitatiefase te toetsen is gebruik gemaakt van metingen in een aantal qua trillingen maatgevende gebouwen, aangevuld met modelberekeningen voor de niet gemeten locaties. De trillingen in de toekomstige situatie en de grenswaarde uit de SBR A-richtlijn zijn weergegeven in Tabel 5. Hierbij is voor alle gebouwen streng getoetst: omdat er geen bouwkundige informatie van de woningen bekend is, is aangenomen dat deze in categorie 2 (gevoelig) vallen, de categorie met de meest strenge grenswaarden.

Tabel 5: Verwachte trillingssnelheden (V_d) en grenswaarden (V_r) aan fundering gebouwen in plansituatie, o.b.v. metingen in huidige situatie[9]. Op 3 locaties (schuingedrukt) zijn geen metingen aan de fundering, maar alleen op de verdieping uitgevoerd, en is aan de grenswaarden voor de verdieping getoetst[10].

Meetlocatie	V_d [mm/s]	V_r [mm/s]	Beoordeling
Everdineweerd 29, Katwijk	1.67	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Kattedoorn 48, Cuijk	0.33	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Kruisdistel 32, Cuijk	0.42	2.03	Voldoet ($V_d < V_r$)
Kruisdistel 1, Cuijk	0.69	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Anne Frankstraat 17, Cuijk	1.19	5.59	Voldoet ($V_d < V_r$)
Weldaad 14, Cuijk	0.17	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)

[9] V_d is bepaald o.b.v. het maximum van V_{top} en V_{stat} (zie par. 9.2 van de SBR A-richtlijn) en een indicatieve meting (veiligheidsfactor 1.4 als op fundering en verdieping is gemeten, veiligheidsfactor 1.6 als alleen op de fundering of verdieping is gemeten, conform par. 8.5 van de SBR A-richtlijn), V_r is bepaald o.b.v. herhaald kortdurende metingen (veiligheidsfactor 1.5) en categorie 2-gebouwen met een bouwkundig gevoelige status (veiligheidsfactor 1.7). Aan de zettingseis (par. 10.3.4 uit de SBR A-richtlijn) wordt op alle meetlocaties voldaan.

[10] Op enkele locaties is niet aan de fundering gemeten, maar op een punt op de vloer dichtbij de fundering. Hierdoor zijn de trillingen daar hoger, maar is ook de grenswaarde V_r hoger (deze neemt toe met de frequentie). Het gaat om de adressen Anne Frankstraat 17 en Heeswijksestraat 7 in Cuijk, Spoorstraat 69 in Tienray, Stationsweg 10 in Lottum en Oude Bosweg 2 in Beesel.

Meetlocatie	V_d [mm/s]	V_r [mm/s]	Beoordeling
Heeswijksestraat 7, Cuijk	1.60	6.48	Voldoet ($V_d < V_r$)
Wezelhof 66, Cuijk	0.70	1.99	Voldoet ($V_d < V_r$)
St Jozeflaan 73, Holthees	0.56	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
St Jozeflaan 36A, Smakt	0.40	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Gunhoekweg 4, Oirlo	0.63	2.73	Voldoet ($V_d < V_r$)
Spoorstraat 69, Tienray	1.97	5.99	Voldoet ($V_d < V_r$)
Stationsweg 10, Lottum	1.05	6.01	Voldoet ($V_d < V_r$)
Burg. van Kempenstraat 69, Grubbenvorst	1.29	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
St Jansweg 1, Grubbenvorst	1.69	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Mauritsstraat 44, Tegelen	1.92	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Parallelweg 21, Tegelen	1.28	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Markt 1, Belfeld	1.33	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Onderstehofweg 1, Reuver	3.57	5.88	Voldoet ($V_d < V_r$)
Rijksweg 15, Reuver	0.62	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Spoorkamp 63, Reuver	0.77	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Ranonkelstraat 33, Reuver	0.89	5.88	Voldoet ($V_d < V_r$)
Oude Bosweg 2, Beesel	1.22	5.22	Voldoet ($V_d < V_r$)
Bussereindseweg 54, Beesel	0.86	1.96	Voldoet ($V_d < V_r$)
Hawinkel 3, Swalmen	1.58	5.88	Voldoet ($V_d < V_r$)

Uit de meetresultaten blijkt dat in alle onderzochte woningen de trillingen aan de fundering lager zijn dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn. Uit de modelberekeningen blijkt dat dit voor vrijwel alle gebouwen in het onderzoeksgebied geldt, zie Bijlage VIII. In enkele gebouwen langs de noordelijke Maaslijn is sprake van trillingen boven de grenswaarde uit de SBR A-richtlijn, het gaat dan om stationsgebouwen (dicht op het spoor), onderstations en andere technische gebouwen. Voor al deze gebouwen geldt echter dat de goederentreinen zowel in de huidige als toekomstige situatie qua trillingen maatgevend zijn, en dat de trillingen van deze goederentreinen niet toenemen als gevolg van het project. De kans op schade neemt daarmee ook niet toe.

4.2.2. *Trillingshinder*

Voor het onderzoek naar trillingshinder zijn in stap 1 van het onderzoek maaiveldmetingen verricht op 14 locaties (zie Bijlage V), waarna in 25 gebouwen metingen zijn verricht in het kader van stap 2 (zie Bijlage VI en VII). De resultaten van de metingen en berekeningen per gebouw zijn weergegeven in Tabel 6, zie voor meer detail Bijlage VI en VII). Per meetlocatie zijn achtereenvolgens weergegeven:

- de gemeten trillingssterkte V_{max} in de huidige situatie, dit is de V_{max} voor het maatgevende treintype in de huidige situatie (goederen- of reizigerstreinen), eventueel gecorrigeerd voor een hoge onzekerheidswaarde R.
- de berekende trillingssterkte V_{max} voor de plansituatie, dit is de V_{max} voor het maatgevende treintype in de plansituatie (goederen- of reizigerstreinen), eventueel gecorrigeerd voor een hoge onzekerheidswaarde R.
- de verhouding Q tussen de trillingssterkte $V_{max,}$ in de plansituatie en de referentiesituatie, eventueel gecorrigeerd voor onzekerheid R in de trillingssterkte, zie Bijlage IV voor een nadere toelichting op hoe deze factor is bepaald.
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de huidige situatie.
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de plansituatie.

Zowel voor V_{max} als voor V_{per} is de maximale waarde over alle sensoren weergegeven. Overschrijdingen van de streef- of grenswaarden uit de Bts zijn oranje gearceerd.

Tabel 6: Resultaten metingen en predicties in gebouwen

Meetlocatie	Bestemming	Trillingssterkte V_{max}			Trillingsintensiteit V_{per}	
		best.	plan	Q	best.	plan
Everdineweerd 29, Katwijk	Wonen	0.60	1.13	2.1	0.05	0.11
Kattedoorn 48, Cuijk	Wonen	0.15	0.20	1.5	0.00	0.01
Kruisdistel 32, Cuijk	Wonen	0.13	0.16	1.5	0.00	0.00
Kruisdistel 1, Cuijk	Wonen	0.31	0.37	1.4	0.01	0.03
Anne Frankstraat 17, Cuijk	Wonen	0.34	0.34	1.2	0.01	0.02
Weldaad 14, Cuijk	Wonen	0.19	0.21	1.3	0.00	0.01
Heeswijksestraat 7, Cuijk	Wonen	0.44	0.81	2.0	0.03	0.07
Wezelhof 66, Cuijk	Wonen	0.24	0.28	1.7	0.01	0.02
St Jozeflaan 73, Holthees	Wonen	0.51	0.48	0.9	0.02	0.04
St Jozeflaan 36A, Smakt	Wonen	0.25	0.24	1.1	0.01	0.01
Gunhoekweg 4, Oirlo	Wonen	0.17	0.25	1.6	0.00	0.01
Spoorstraat 69, Tienray	Wonen	0.61	0.99	1.8	0.03	0.07
Stationsweg 10, Lottum	Wonen	0.38	0.54	1.6	0.02	0.03
Burg. van Kempenstraat 69, Grubbenvorst	Wonen	0.70	0.78	1.3	0.04	0.05
St Jansweg 1, Grubbenvorst	Wonen	1.54	1.81	1.2	0.06	0.09
Mauritsstraat 44, Tegelen	Wonen	0.29	0.41	1.4	0.02	0.03
Parallelweg 21, Tegelen	Wonen	0.56	0.71	1.3	0.04	0.06
Markt 1, Belfeld	Wonen	0.77	0.81	1.1	0.05	0.07
Onderstehofweg 1, Reuver	Wonen	0.97	1.02	1.0	0.04	0.05
Rijksweg 15, Reuver	Wonen	0.46	0.46	1.2	0.02	0.02
Spoorkamp 63, Reuver	Wonen	0.37	0.37	1.0	0.01	0.02
Ranonkelstraat 33, Reuver	Wonen	0.25	0.25	1.0	0.01	0.01
Oude Bosweg 2, Beesel	Wonen	0.44	0.58	1.6	0.02	0.03
Bussereindseweg 54, Beesel	Wonen	0.56	0.76	1.4	0.04	0.06
Hawinkel 3, Swalmen	Wonen	0.63	0.63	1.2	0.02	0.04

Op meerdere meetlocaties kan een grotere toename Q dan 1.3 niet worden uitgesloten. Op deze locaties met overschrijdingen is een maatregelafweging nodig. De locaties met mogelijke overschrijdingen zijn weergegeven in Bijlage VIII. De overschrijdingen zijn vooral het gevolg van een combinatie van een verhoging van de rijsnelheid, de overgang naar elektrisch reizigersmaterieel en op sommige locaties ook het dichterbij komen van de sporen. Op locaties waar goederentreinen veel hogere trillingen geven dan reizigerstreinen (m.n. op de zuidelijke Maaslijn), is de invloed van het project beperkt, behalve in Tegelen waar goederentreinen harder gaan rijden. Op de noordelijke Maaslijn rijdt slechts een beperkt aantal goederentreinen, en zijn de trillingen van reizigerstreinen op veel locaties maatgevend, zeker in de plansituatie.

In de analyses en berekeningen is uitsluitend naar de trillingen van treinverkeer gekeken (en de cumulatie van die trillingen met de trillingen van wegverkeer, zie paragraaf 6.2.3), omdat de trillingen van wegverkeer nergens significant wijzigen als gevolg van het project[11].

[11] Er is een locatie waar het project zorgt voor een gedeeltelijke wijziging in de routering van wegverkeer. Dat is in Smakt, waar de overweg Pelgrimslaan wordt afgesloten, waardoor verkeer via de overweg Loobeek zal gaan rijden. Bij trillingen worden twee grootheden getoetst: de maximaal optredende trillingssterkte (V_{top} voor de kans op trillingsschade (conform de SBR A-richtlijn) en V_{max} voor de kans op trillingshinder (voor wegverkeer de SBR B-richtlijn)) en de gemiddelde trillingssterkte (V_{per} voor de kans op trillingshinder (voor wegverkeer de SBR B-richtlijn)). Nu geldt het volgende voor deze grootheden:

- Voor de maximaal optredende trillingssterkte (V_{top} of V_{max}) geldt dat de zwaarte van de voertuigen, de staat van het wegdek (drempels, putten, andere oneffenheden), de afstand tussen voertuig en gebouw, de staat van de bebouwing en de bodem bepalende parameters zijn. Nu geldt dat er geen wijzigingen plaatsvinden in een van die parameters, op zowel de Sint Jozeflaan als de Pelgrimslaan rijdt nu ook al

4.2.3. *Verstoring van trillingsgevoelige apparatuur*

Op basis van gegevens van de Kamer van Koophandel zijn alle bedrijven in een zone van 200 meter rond het spoor in het onderzoeksgebied geanalyseerd. Uit deze analyse blijkt dat in de volgende gebouwen mogelijk gevoelige apparatuur is gehuisvest:

- Radboud UMC in Nijmegen, aan de Heyendaalseweg. Dit betreft een ziekenhuis (met laboratoriumapparatuur), alsmede enkele medische en technische laboratoria
- MSD Animal Health in Boxmeer, aan de Wim de Körverstraat. Dit betreft een farmaceutisch concern met een R&D-afdeling (laboratoriumapparatuur)

Voor beide (clusters van) gebouwen geldt dat de trillingen hier niet toenemen als gevolg van het project. Bij beide locaties geldt dat de routering en snelheid van goederentreinen niet wijzigt. Voor reizigerstreinen geldt dat deze stoppen bij de nabijgelegen stations Nijmegen Heyendaal resp. Boxmeer, en een lage rijsnelheid hebben. Uit de berekeningen (zie Bijlage VIII) blijkt dat de goederentreinen op beide locaties zowel in de huidige, referentie- als plansituatie maatgevend zijn. De maximale trillingen nemen hier niet toe als gevolg van het project, zodat verstoring van gevoelige apparatuur niet aan de orde zal zijn, en maatregelen dus ook niet nodig zijn. Wel zullen de trillingen van reizigerstreinen (die vaker passeren) toenemen, maar deze zijn zoals hierboven aangegeven niet maatgevend.

4.3 Effecten in het MER

In de volgende paragrafen worden de drie beoordelingscriteria uit het MER beschreven.

4.3.1. *Aantal gehinderden*

Het aantal gehinderden in de bestaande, referentie- en plansituatie is weergegeven in Tabel 7, bepaald conform de methode zoals omschreven in paragraaf 2.3. Het aantal gehinderden neemt in de plansituatie met ca. 585 toe, met name door de hogere rijsnelheid en de inzet van zwaardere reizigerstreinen.

Tabel 7: Aantal gehinderden in het onderzoeksgebied, criterium 1

	Aantal in onderzoeksgebied		
Criterium	Bestaande situatie	Referentiesituatie	Plansituatie
Criterium 1 – Aantal gehinderden	7.544	7.544	8.129

In grote delen van het onderzoeksgebied zijn de wijzigingen beperkt, maar in Cuijk, Boxmeer en Tegelen is sprake van een significante toename (meer dan 10 procent en meer dan 20 extra gehinderden in de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie). In Cuijk en Boxmeer komt dit met name doordat het reizigersmaterieel hier in de toekomst bepalend is voor de trillingen (omdat er weinig goederentreinen rijden op de noordelijke Maaslijn). De trillingen van de reizigerstreinen nemen als gevolg van het project toe door een hogere rijsnelheid en de hogere trillingen van het nieuwe materieel. In Tegelen nemen de trillingen vooral toe door een snelheidsverhoging van de goederentreinen

4.3.2. *Toename aantal overschrijdingen van de Bts*

Het aantal overschrijdingen van de A2- (voor V_{max}) en de A3-grenswaarde (voor V_{per}) uit de Bts zijn weergegeven in Tabel 8. In de referentiesituatie is een kleine toename zichtbaar bij criterium 2, als gevolg van de lichte toename van het aantal goederentreinen (autonoom effect). In de plansituatie neemt bij beide criteria het aantal

zwaar verkeer. Het maximaal optredende trillingsniveau wijzigt daardoor niet, en daarmee ook de kans op trillingsschade of trillingshinder niet.

- Voor de gemiddelde trillingssterkte V_{per} geldt dat deze wel kan toenemen, omdat het verkeersaanbod aan zware voertuigen groeit. Gezien de afstand tot de weg is alleen op korte afstand rond drempels, klinkerwegen of oneffenheden mogelijk sprake van voelbare trillingen. Dat is in de huidige situatie ook al zo, omdat het verkeersaanbod niet wijzigt, maar uitsluitend het aantal voertuigen. Door het relatief geringe vervoersaanbod aan zware wegvoertuigen (ook na sluiting van de overweg Pelgrimslaan) zal de gemiddelde trillingssterkte echter ruim lager zijn dan de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn (A3-waarde).

Op basis van bovenstaande geldt dat het project niet leidt tot veranderingen in de maximaal optredende trillingen (trillingsschade en trillingshinder), en dat de gemiddelde trillingsniveaus voldoen aan de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn.

overschrijdingen toe (met ca. 787 resp. 11 adressen), met name als gevolg van de hogere rijsnelheid en de overgang naar elektrisch reizigersmaterieel.

Tabel 8: Aantal adressen in het onderzoeksgebied, criterium 2

	Aantal in onderzoeksgebied		
Criterium	Bestaande situatie	Referentiesituatie	Plansituatie
Criterium 2 – Aantal boven A2	4.545	4.545	5.332
Criterium 2 – Aantal boven A3	3	5	16

Relevant bij criterium A2 is nog dat de meeste woningen boven de A2-waarde (ca. 85%) in Nijmegen, Venlo en Roermond liggen, waar geen wijzigingen optreden als gevolg van het project. De toename bij criterium A2 treedt vooral op in de tussenliggende kernen.

4.3.3. *Kans op trillingsschade*

Zoals in paragraaf 4.2.1 beschreven, is er bij 3 panden een kans op trillingsschade tijdens de bouwfase van het project. Het aantal panden met een kans op schade tijdens de exploitatiefase in de bestaande situatie, de referentiesituatie en de plansituatie is weergegeven in Tabel 9. Het aantal panden met een kans op trillingsschade als gevolg van treinverkeer wijzigt niet als gevolg van het project.

Tabel 9: Aantal panden in het onderzoeksgebied, criterium 3

	Aantal in onderzoeksgebied		
Criterium	Bestaande situatie	Referentiesituatie	Plansituatie
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	9	9	9

4.4 Conclusies

Door de toename van de rijsnelheid, de overgang naar elektrisch reizigersmaterieel (dat hogere trillingen geeft dan het huidige dieselmaterieel, onder meer door een hogere aslast) en het soms dichterbij komen van de sporen, nemen de trillingen met name op de noordelijke Maaslijn lokaal toe als gevolg van het project. Omdat er slechts beperkt goederenverkeer rijdt op de noordelijke Maaslijn, is reizigersmaterieel daar vaak maatgevend voor de trillingen. Het effect van de hogere rijsnelheid en de overgang naar elektrisch reizigersmaterieel is het sterkst zichtbaar rond stations, ook doordat het nieuwe reizigersmaterieel sneller optrekt en later afremt (dus langer op hogere snelheid blijft) dan het oude dieselmaterieel. Op de zuidelijke Maaslijn rijden aanzienlijk meer goederentreinen, en voor dit type treinen verandert er weinig als gevolg van het project. Daardoor is de toename in trillingen op de zuidelijke Maaslijn veelal beperkt, met uitzondering van Tegelen. Daar rijden goederentreinen nu langzaam omdat deze elkaar moeten passeren, na aanpassing van de Maaslijn is deze stop onwenselijk voor een robuuste dienstregeling van het reizigersverkeer, en gaat de rijsnelheid omhoog. Hierdoor nemen de trillingen toe.

5 Beoordeling en maatregelen

5.1 Conclusies m.e.r.

De beoordeling van de projecteffecten op de drie criteria zijn weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10: Samenvatting effecten

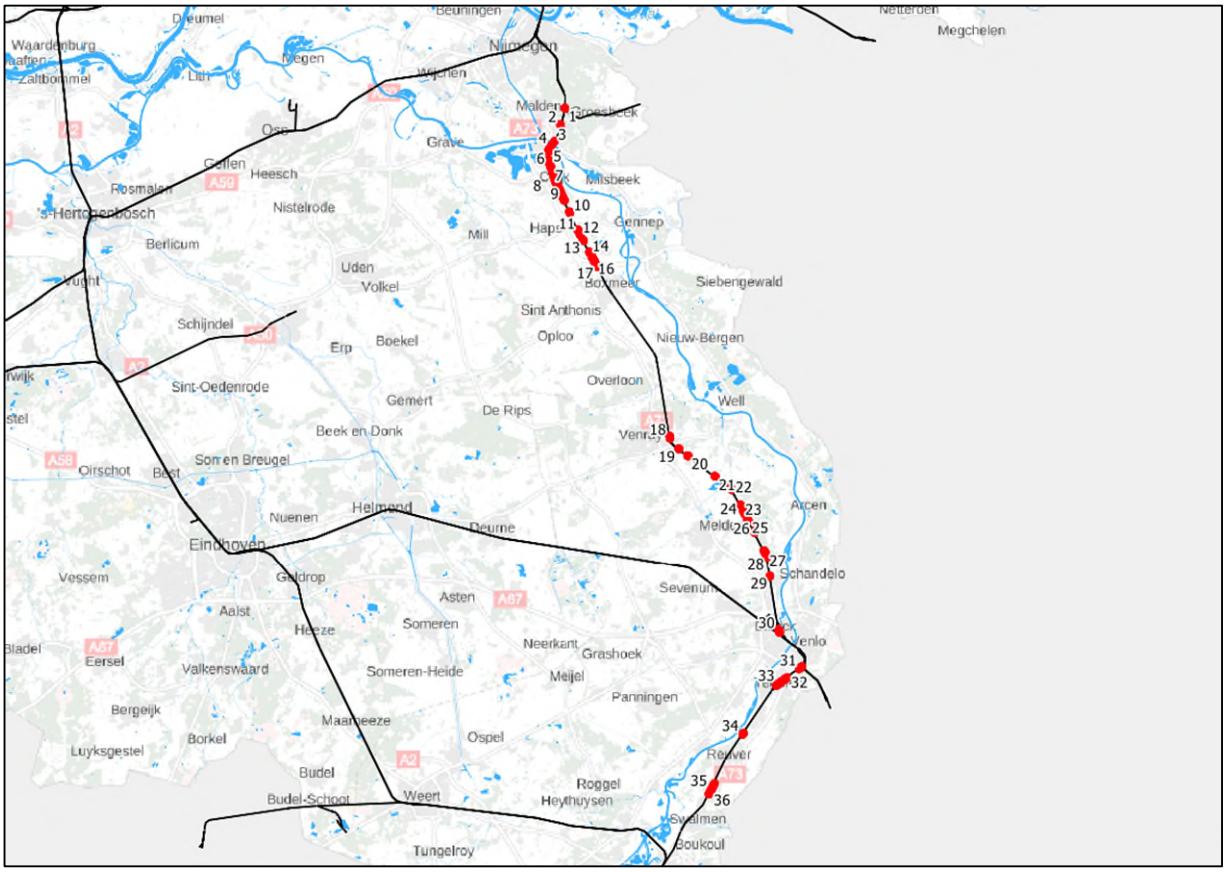
	Referentiesituatie	Plansituatie
Criterium 1 – Toename gehinderden	0	-
Criterium 2 – Overschrijdingen A2-grenswaarde	0	--
Criterium 2 – Overschrijdingen A3-grenswaarde	0	-
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	0

Door de toename van de rijsnelheid, de overgang naar elektrisch reizigersmaterieel (dat hogere trillingen geeft dan het huidige dieselmaterieel) en het soms dichterbij komen van de sporen, nemen de trillingen toe als gevolg van het project. Hierdoor neemt het aantal trillingsgehinderden toe ten opzichte van de referentiesituatie.

5.2 Conclusies toetsing aan richtlijnen

Ten behoeve van het PIP is voor alle objecten langs het tracé getoetst of deze voldoen aan het beoordelingskader voor trillingsschade (de SBR A-richtlijn), het beoordelingskader voor trillingshinder (de Bts) en het beoordelingskader voor verstoring van gevoelige apparatuur (de SBR C-richtlijn). Op basis van de metingen en modelberekeningen wordt geen toename van de trillingen verwacht op locaties met gevoelige apparatuur of gebouwen met een kans op trillingsschade. Het project leidt daarmee niet tot een toename van verstoring van trillingsgevoelige apparatuur of trillingsschade. Tijdens de bouwfase van het project kan trillingsschade op 3 locaties niet worden uitgesloten, het betreft drie gebouwen bij de aan te brengen grondkering bij Op de Berg tussen Belfeld en Reuver.

Wel worden er op in totaal 36 locaties (clusters) overschrijdingen van het beoordelingskader voor trillingshinder verwacht. Het gaat in totaal om 719 adressen langs de Maaslijn. De locaties met overschrijdingen zijn samengevat weergegeven in Figuur 6, en bevinden zich voornamelijk langs de noordelijke Maaslijn. Voor deze locaties is een onderzoek naar maatregelen uitgevoerd om vast te stellen of er kosteneffectieve maatregelen zijn waarmee de trillingshinder teruggebracht kan worden tot binnen genoemd beoordelingskader. Dit onderzoek wordt in de volgende subparagraaf beschreven.



Figuur 6: Kaart met overschrijdingen beoordelingskader trillingshinder

5.3 Mitigerende maatregelen

Op de locaties waar een kans op trillingsschade is tijdens de bouwfase, dient na detaillering van de bouwwerkzaamheden te worden getoetst of er nog steeds een kans op schade is. Indien dat het geval is, dan dient een trillingsarme bouwmethode te worden gekozen (drukkend aanbrengen, i.c.m. grond voorwoelen of voorboren om gronddruk te verlagen t.b.v. inbrengbaarheid van de damwand), of een combinatie van een bouwkundige vooropname van de panden in combinatie met monitoring tijdens de bouwwerkzaamheden, zodat de werkzaamheden tijdig kunnen worden stilgelegd. Met deze voorzorgsmaatregelen wordt schade aan omliggende panden voorkomen.

Voor de exploitatiefase wordt ten aanzien van trillingsschade en verstoring van trillingsgevoelige apparatuur voldaan aan het beoordelingskader, en zijn geen mitigerende maatregelen nodig. Omdat er wel overschrijdingen zijn geconstateerd van het beoordelingskader voor trillingshinder, is voor het aspect trillingshinder gekeken naar welke maatregelen per cluster (aaneengesloten groep gebouwen met mogelijke overschrijdingen) doelmatig kunnen zijn. De gevolgde stappen en de resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in Bijlage IX, een samenvattend overzicht van de mogelijk doelmatige maatregelen per cluster is hieronder opgenomen. De weergegeven kosten[12] zijn de totaalkosten per cluster (inclusief BTW). Verder is het aantal overschrijdingen voor en na de maatregel weergegeven en de benodigde reductie in de trillingssterkte V_{max} of de trillingsintensiteit V_{per} om te voldoen aan het beoordelingskader. De meest kosteneffectieve maatregel (gedefinieerd als de kosten van de maatregel gedeeld door het aantal gereduceerde overschrijdingen maal het richtbedrag per adres) is dikgedrukt weergegeven.

[12] Op basis van de volgende uitgangspunten: prijspeil 2020, kosten voor projectmanagement en coordinatie (4.5%), eenmalige kosten (2%), uitvoeringskosten (8%), algemene bouwplaatskosten (2%), algemene kosten, risico en winst (13%), engineeringskosten (5%), onvoorziene kosten (5%) en PEAT (5%). Kosten voor grondverwerving, het verleggen van kabels en leidingen en eventuele aankoop van opstallen is hierin niet meegenomen.

Tabel 11: Mogelijk doelmatige maatregelen per cluster, inclusief overschrijdingen voor en na maatregel en kosten van de maatregel

		Benodigde reductie		Mogelijk doelmatige		
Cluster	**Overschrijdingen**	**V_{max}**	**V_{per}**	**maatregelen**	**Overschrijdingen**	**Kosten**
1 - Malden Groesbeekseweg	1	0%	25%	Geen	1	
2 - Molenhoek Heumensebaan	1	0%	3%	Geen	1	
3 - Mook Rijksweg	1	0%	18%	Geen	1	
4 - Katwijk Everdineweerd	1	61%	4%	Geen	1	
5 - Katwijk Mariagaarde	10	47%	0%	**Under sleeper pads**	**1**	**€ 236,202**
6 - Cuijk noord	48	34%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 302,062**
				Ballastmat	0	€ 1,008,558
7 - Cuijk Kruisdistel	42	9%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 299,074**
				Ballastmat	0	€ 1,136,165
8 - Cuijk centrum	306	77%	64%	**Under sleeper pads**	**153**	**€ 2,514,092**
				Ballastmat	147	€ 6,049,972
9 - Cuijk Wezelhof	45	31%	0%	**Under sleeper pads**	**30**	**€ 279,242**
				Ballastmat	21	€ 628,119
				TROC prefab L-wand	0	€ 1,706,485
10 - St Agatha Hertraksestraat	2	23%	0%	Geen	2	
11 - Oeffelt Kruispunt	1	2%	0%	Geen	1	
12 - Beugen Kwekersweg	1	7%	0%	Geen	1	
13 - Beugen Haart	1	7%	0%	Geen	1	
14 - Beugen Molenhei 12-14	4	6%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 147,743**
				Spoorsloot 2 m diep	**0**	**€ 181,451**
15 - Beugen Molenhei 10	1	5%	0%	Geen	1	
16 - Beugen Voordtstraat	5	4%	0%	Geen	5	
17 - Beugen Het Ven	5	2%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 180,943**
18 - Oostrum centrum	10	3%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 244,220**
19 - Oostrum Oirloseweg	1	4%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 21,149**
20 - Oirlo Gunhoekweg	1	0%	0%	Geen	1	
21 - Oirlo Oirloseheide 1	1	41%	0%	Geen	1	
22 - Tienray Spoorstraat	9	38%	25%	Geen	9	
23 - Melderslo Nieuwenhofweg	3	33%	0%	Geen	3	
24 - Melderslo Swolgensedijk	5	53%	88%	Geen	5	
25 - Melderslo Broekhuizerdijk	5	31%	0%	Geen	5	
26 - Lottum Horsterdijk	2	29%	0%	Geen	2	
27 - Lottum Stationsweg noord	6	20%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 245,942**
28 - Lottum Stationsweg zuid	1	8%	0%	Geen	1	
29 - Grubbenvorst Kloosterstraat	1	0%	14%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 9,910**
30 - Venlo Sint Annaweg	7	13%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 32,937**
31 - Venlo Ganzenstraat	5	28%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 38,809**

		Benodigde reductie		Mogelijk doelmatige		
Cluster	**Overschrijdingen**	**V_{max}**	**V_{per}**	**maatregelen**	**Overschrijdingen**	**Kosten**
32 - Tegelen noord	75	18%	40%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 87,426**
				Ballastmat	0	€ 1,459,134
				Betonplaat met ballastmat type B	0	€ 2,172,037
33 - Tegelen stationszone	84	7%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 377,345**
				Ballastmat	0	€ 848,789
34 - Belfeld Patersweg	3	0%	27%	Geen	3	
35 - Beesel Bussereindseweg	10	24%	0%	Geen	10	
36 - Beesel Hoeve Waterloo	15	2%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 384,090**

Bij 20 clusters zijn geen doelmatige maatregelen te treffen, of omdat deze onvoldoende effectief, of omdat deze te duur zijn. Bij 16 clusters zijn under sleeper pads een mogelijke oplossing, wel resteren in 3 clusters ook na deze maatregelen nog overschrijdingen.

Door het treffen van de meest kosteneffectieve maatregel per cluster neemt het aantal overschrijdingen van de Bts af van 719 naar 239. De totale investeringskosten voor trillingsmaatregelen bedragen € 5.4 mln. incl. BTW.

5.4 Effect van hoger richtbedrag voor maatregelen

Om in bepaalde situaties toch maatregelen te treffen, of aanvullende maatregelen, is onderzocht wat het effect van het verhogen van het richtbedrag voor maatregelen (normaal € 47.000 per woning) is op de te nemen maatregelen. Hiervoor is dit richtbedrag verdubbeld (naar € 94.000 per woning). Dit geeft handvatten om te bepalen waar de inzet van aanvullend budget eventueel tot meer gemitigeerde woningen leidt. De eerdere Tabel 11 wijzigt daarbij naar Tabel 12, de aanvullende maatregelen zijn groen gearceerd. Ook hier is de meest kosteneffectieve maatregel per cluster weer dikgedrukt weergegeven.

Tabel 12: Mogelijk doelmatige maatregelen per cluster bij verdubbelen van richtbedrag voor maatregelen, inclusief overschrijdingen voor en na maatregel en kosten van de maatregel

		Benodigde reductie		Mogelijk doelmatige		
Cluster	**Overschrijdingen**	**V_{max}**	**V_{per}**	**maatregelen**	**Overschrijdingen**	**Kosten**
1 - Malden Groesbeekseweg	1	0%	25%	Geen	1	
2 - Molenhoek Heumensebaan	1	0%	3%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 78,311**
3 - Mook Rijksweg	1	0%	18%	Geen	1	
4 - Katwijk Everdineweerd	1	61%	4%	Geen	1	
5 - Katwijk Mariagaarde	10	47%	0%	**Under sleeper pads**	**1**	**€ 236,202**
				Ballastmat	4	€ 531,306
6 - Cuijk noord	48	34%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 302,062**
				Ballastmat	0	€ 1,008,558
				Betonplaat met ballastmat type B	0	€ 2,336,709
				TROC diepwand beton 10 x 0.5 m	0	€ 4,431,567
7 - Cuijk Kruisdistel	42	9%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 299,074**
				Ballastmat	0	€ 1,136,165
				Betonplaat	17	€ 2,041,300
				Betonplaat met ballastmat type B	0	€ 2,475,511
8 - Cuijk centrum	306	77%	64%	**Under sleeper pads**	**153**	**€ 2,514,092**

		Benodigde reductie		Mogelijk doelmatige		
Cluster	**Overschrijdingen**	**V_{max}**	**V_{per}**	**maatregelen**	**Overschrijdingen**	**Kosten**
				Ballastmat	147	€ 6,049,972
9 - Cuijk Wezelhof	45	31%	0%	**Under sleeper pads**	**30**	**€ 279,242**
				Ballastmat	21	€ 628,119
				TROC prefab L-wand	0	€ 1,706,485
				Betonplaat met ballastmat type B	0	€ 1,802,125
10 - St Agatha Hertraksestraat	2	23%	0%	Geen	2	
11 - Oeffelt Kruispunt	1	2%	0%	Geen	1	
12 - Beugen Kwekersweg	1	7%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 81,100**
13 - Beugen Haart	1	7%	0%	Geen	1	
14 - Beugen Molenhei 12-14	4	6%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 147,743**
				Spoorsloot 2 m diep	0	€ 181,451
				Ballastmat	0	€ 332,330
15 - Beugen Molenhei 10	1	5%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 62,871**
16 - Beugen Voordtstraat	5	4%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 269,726**
17 - Beugen Het Ven	5	2%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 180,943**
				Ballastmat	0	€ 407,008
18 - Oostrum centrum	10	3%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 244,220**
				Ballastmat	0	€ 656,446
19 - Oostrum Oirloseweg	1	4%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 21,149**
20 - Oirlo Gunhoekweg	1	0%	0%	Geen	1	
21 - Oirlo Oirloseheide 1	1	41%	0%	Geen	1	
22 - Tienray Spoorstraat	9	38%	25%	**Under sleeper pads**	**4**	**€ 330,152**
23 - Melderslo Nieuwenhofweg	3	33%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 180,778**
24 - Melderslo Swolgensedijk	5	53%	88%	**Under sleeper pads**	**1**	**€ 365,154**
25 - Melderslo Broekhuizerdijk	5	31%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 250,674**
26 - Lottum Horsterdijk	2	29%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 136,534**
27 - Lottum Stationsweg noord	6	20%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 245,942**
				Ballastmat	0	€ 553,214
28 - Lottum Stationsweg zuid	1	8%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 78,636**
29 - Grubbenvorst Kloosterstraat	1	0%	14%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 9,910**
30 - Venlo Sint Annaweg	7	13%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 32,937**
				Ballastmat	0	€ 402,194
				Betonplaat met ballastmat type B	0	€ 598,698
31 - Venlo Ganzenstraat	5	28%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 38,809**
32 - Tegelen noord	75	18%	40%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 87,426**
				Ballastmat	0	€ 1,459,134
				Betonplaat met ballastmat type B	0	€ 2,172,037
				Betonplaat	57	€ 1,614,395
33 - Tegelen stationszone	84	7%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 377,345**
				Ballastmat	0	€ 848,789

		Benodigde reductie		Mogelijk doelmatige		
Cluster	**Overschrijdingen**	**V_{max}**	**V_{per}**	**maatregelen**	**Overschrijdingen**	**Kosten**
				Betonplaat met ballastmat type B	0	€ 2,435,245
				TROC prefab L-wand	0	€ 3,835,285
34 - Belfeld Patersweg	3	0%	27%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 104,257**
35 - Beesel Bussereindseweg	10	24%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 481,427**
36 - Beesel Hoeve Waterloo	15	2%	0%	**Under sleeper pads**	**0**	**€ 384,090**

Door het treffen van de meest doelmatige maatregel per cluster neemt het aantal overschrijdingen van de Bts af van 719 naar 198. Nu worden in 28 clusters maatregelen getroffen, in 8 clusters is nog steeds geen kosteneffectieve maatregel mogelijk. De totale investeringskosten voor trillingsmaatregelen bedragen in dit geval € 7.8 mln. Met een extra investering van ca. € 2.4 mln. neemt het aantal overschrijdingen met 41 verder af.

Naast het verhogen van het richtbedrag is per cluster nog gekeken naar de minimaal benodigde maatregel om te voldoen aan het beoordelingskader, de Bts. Deze analyse in Tabel 13 geeft aanvullende handvatten om te bepalen waar de inzet van aanvullend budget eventueel tot meer gemitigeerde woningen leidt.

Tabel 13: Meest kosteneffectieve en minst kostbare voldoende effectieve maatregel per cluster, inclusief kosten van de maatregel. Voor de meest kosteneffectieve maatregel is ook het aantal overschrijdingen na het nemen van de maatregel weergegeven, voor de minst kostbare voldoende effectieve maatregel is het aantal overschrijdingen altijd 0 na het nemen van de maatregel.

		Meest kosteneffectieve			Minst kostbare voldoende	
Cluster	**Overschr.**	**maatregel**	**Overschr.**	**Kosten**	**effectieve maatregel**	**Kosten**
1 - Malden Groesbeekseweg	1	Geen	1		Trillingsscherm beton, 10 m diep	€ 514,469
2 - Molenhoek Heumensebaan	1	Geen	1		Under sleeper pads type A	€ 78,311
3 - Mook Rijksweg	1	Geen	1		Prefab L-wand, 4 m diep	€ 153,523
4 - Katwijk Everdineweerd	1	Geen	1		Trillingsscherm beton, 10 m diep	€ 416,807
5 - Katwijk Mariagaarde	10	Under sleeper pads	1	€ 236,202	Trillingsscherm beton, 10 m diep	€ 4,135,117
6 - Cuijk noord	48	Under sleeper pads	0	€ 302,062	Under sleeper pads type A	€ 302,062
7 - Cuijk Kruisdistel	42	Under sleeper pads	0	€ 299,074	Under sleeper pads type A	€ 299,074
8 - Cuijk centrum	306	Under sleeper pads	153	€ 2,514,092	Trillingsscherm beton, 10 m diep	€ 29,685,670
9 - Cuijk Wezelhof	45	Under sleeper pads	30	€ 279,242	Prefab L-wand, 4 m diep	€ 1,706,485
10 - St Agatha Hertraksestraat	2	Geen	2		Prefab L-wand, 4 m diep	€ 590,211
11 - Oeffelt Kruispunt	1	Geen	1		Under sleeper pads type A	€ 111,835
12 - Beugen Kwekersweg	1	Geen	1		Under sleeper pads type A	€ 81,100
13 - Beugen Haart	1	Geen	1		Under sleeper pads type A	€ 95,853
14 - Beugen Molenhei 12-14	4	Under sleeper pads	0	€ 147,743	Under sleeper pads type A	€ 147,743
15 - Beugen Molenhei 10	1	Geen	1		Under sleeper pads type A	€ 62,871
16 - Beugen Voordtstraat	5	Geen	5		Under sleeper pads type A	€ 269,726
17 - Beugen Het Ven	5	Under sleeper pads	0	€ 180,943	Under sleeper pads type A	€ 180,943
18 - Oostrum centrum	10	Under sleeper pads	0	€ 244,220	Under sleeper pads type A	€ 244,220
19 - Oostrum Oirloseweg	1	Under sleeper pads	0	€ 21,149	Under sleeper pads type A	€ 21,149
20 - Oirlo Gunhoekweg	1	Geen	1		Sloot, 2 m diep, 2:1 profiel	€ 82,306
21 - Oirlo Oirloseheide 1	1	Geen	1		Prefab L-wand, 4 m diep	€ 389,689

		Meest kosteneffectieve			Minst kostbare voldoende	
Cluster	**Overschr.**	**maatregel**	**Overschr.**	**Kosten**	**effectieve maatregel**	**Kosten**
22 - Tienray Spoorstraat	9	Geen	9		Betonplaat met ballastmat type B	€ 2,234,361
23 - Melderslo Nieuwenhofweg	3	Geen	3		Under sleeper pads type A	€ 180,778
24 - Melderslo Swolgensedijk	5	Geen	5		Betonplaat met ballastmat type	€ 2,356,569
25 - Melderslo Broekhuizerdijk	5	Geen	5		Under sleeper pads type A	€ 250,674
26 - Lottum Horsterdijk	2	Geen	2		Under sleeper pads type A	€ 136,534
27 - Lottum Stationsweg noord	6	Under sleeper pads	0	€ 245,942	Under sleeper pads type A	€ 245,942
28 - Lottum Stationsweg zuid	1	Geen	1		Under sleeper pads type A	€ 78,636
29 - Grubbenvorst Kloosterstraat	1	Under sleeper pads	0	€ 9,910	Under sleeper pads type A	€ 9,910
30 - Venlo Sint Annaweg	7	Under sleeper pads	0	€ 32,937	Under sleeper pads type A	€ 32,937
31 - Venlo Ganzenstraat	5	Under sleeper pads	0	€ 38,809	Under sleeper pads type A	€ 38,809
32 - Tegelen noord	75	Under sleeper pads	0	€ 87,426	Under sleeper pads type A	€ 87,426
33 - Tegelen stationszone	84	Under sleeper pads	0	€ 377,345	Under sleeper pads type A	€ 377,345
34 - Belfeld Patersweg	3	Geen	3		Sloot, 2 m diep, 2:1 profiel	€ 224,803
35 - Beesel Bussereindseweg	10	Geen	10		Under sleeper pads type A	€ 481,427
36 - Beesel Hoeve Waterloo	15	Under sleeper pads	0	€ 384,090	Under sleeper pads type A	€ 384,090

Door het treffen van deze maatregelen zijn er geen overschrijdingen van de Bts meer, het aantal overschrijdingen van de Bts neemt af van 719 naar 0. De totale investeringskosten voor trillingsmaatregelen om op alle locaties te voldoen aan het beoordelingskader bedragen € 46.7 mln., ruim € 41 mln. meer dan wanneer alleen de meest kosteneffectieve maatregelen worden getroffen.

5.5 Effect van de maatregelen

Met de genoemde maatregelen is de waardering van Tabel 10 opnieuw toegekend, maar nu voor de situatie met kosteneffectieve maatregelen. Dit is weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14: Samenvatting effecten na mitigerende maatregelen

	Referentiesituatie	Plansituatie
Criterium 1 – Toename gehinderden	0	0
Criterium 2 – Overschrijdingen A2-grenswaarde	0	-
Criterium 2 – Overschrijdingen A3-grenswaarde	0	-
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	0

Het treffen van de kosteneffectieve maatregelen zorgt voor een flinke verbetering van de trillingssituatie. Alleen op criterium 2 is er nog een licht negatief effect, vooral omdat er voor veel losstaande woningen dicht op het spoor geen doelmatige maatregelen zijn te treffen.

5.6 Conclusies

Uit het onderzoek volgt dat het project leidt tot een toename van het aantal trillingsgehinderden. Door de toename van de rijsnelheid, de overgang naar elektrisch reizigersmaterieel (dat hogere trillingen geeft dan het huidige dieselmaterieel, onder meer door een hogere aslast) en het soms dichterbij komen van de sporen, nemen de trillingen op sommige locaties langs het tracé toe. Voor de mogelijke overschrijdingen van de Bts wordt op 20 locaties een maatregel voorgesteld in de vorm van under sleeper pads. Op veel locaties zijn geen kosteneffectieve maatregelen mogelijk, omdat het effect van de maatregelen te laag is of de kosten voor maatregelen ruim hoger zijn dan het richtbedrag voor maatregelen. Dit richtbedrag voor maatregelen is gebaseerd op het aantal gebouwen

met een overschrijding van de streefwaarden, en is per meter spoor daarom relatief laag voor de veelal verspreid liggende woningen langs de Maaslijn.

Na het nemen van de voorgestelde maatregelen wordt in de meeste delen van het projectgebied voldaan aan het beoordelingskader voor trillingen. Wel zijn er nog steeds overschrijdingen en licht negatieve effecten mogelijk op locaties waar geen kosteneffectieve maatregelen zijn. Voor al die locaties geldt overigens dat wel wordt voldaan aan de grenswaarde van 3,2 voor V_{max} uit de Bts, de grenswaarde waarboven maatregelen *moeten* worden getroffen.

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van het onderzoek. Hierbij wordt eerst ingegaan op de uitvoerbaarheid van het project ten behoeve van het PIP en benodigde mitigerende maatregelen, daarna wordt een samenvatting gegeven van de effectbeoordeling ten behoeve van de MER.

6.2 Conclusie irt uitvoerbaarheid PIP

6.2.1. *Toetsing aan richtlijnen*

In het onderzoek voor het PIP zijn drie beoordelingskaders beschouwd: de SBR A-richtlijn voor trillingsschade, de Bts voor trillingshinder en de SBR C-richtlijn voor verstoring van gevoelige apparatuur. Voor trillingsschade geldt dat alleen tijdens de bouwfase, bij het aanbrengen van een damwand op de locatie Op de Berg (tussen Belfeld en Reuver), er een kans op een overschrijding van de grenswaarden is in drie panden, hier dient in de verdere uitwerking van het project aandacht aan te worden besteed. Tijdens de exploitatiefase wordt geen toename in het aantal overschrijdingen van de SBR A-richtlijn verwacht. Bij een aantal gebouwen (stationsgebouwen en technische ruimtes zoals onderstations dichtbij het spoor langs de noordelijke Maaslijn) zijn de trillingen momenteel *mogelijk* hoger dan de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn, maar de trillingen nemen daar niet toe als gevolg van het project. Het project leidt daarom niet tot een toename van de kans op trillingsschade. Voor trillingsgevoelige apparatuur geldt dat er nergens in het projectgebied een kans is op een overschrijding van de grenswaarden voor trillingsgevoelige apparatuur. Voor trillingshinder zijn overschrijdingen in een deel van het plangebied echter niet uit te sluiten, en is een maatregelafweging nodig.

6.2.2. *Mitigerende maatregelen*

Op de locaties waar een kans op trillingsschade is tijdens de bouwfase, dient na detaillering van de bouwwerkzaamheden te worden getoetst of er nog steeds een kans op schade is. Indien dat het geval is, dan dient een trillingsarme bouwmethode te worden gekozen (drukkend aanbrengen, i.c.m. grond voorwoelen of voorboren om gronddruk te verlagen t.b.v. inbrengbaarheid van de damwand), of een combinatie van een bouwkundige vooropname van de panden in combinatie met monitoring tijdens de bouwwerkzaamheden, zodat de werkzaamheden tijdig kunnen worden stilgelegd. Met deze voorzorgsmaatregelen wordt schade aan omliggende panden voorkomen.

Op de locaties waar een kans is op een overschrijding van de streefwaarden uit het beoordelingskader voor trillingshinder, de Bts, is een onderzoek naar maatregelen uitgevoerd. Hieruit volgt dat de projecteffecten met maatregelen op de meeste locaties zijn te mitigeren door het aanbrengen van under sleeper pads. Op sommige locaties zijn maatregelen echter niet kosteneffectief (te hoge kosten of te weinig effectiviteit), en daarmee niet doelmatig. Het project leidt overigens nergens tot overschrijdingen van de grenswaarde van 3,2 voor V_{max} uit de Bts, de grenswaarde waarboven maatregelen *moeten* worden getroffen.

In de berekeningen en afweging is voor de nog niet gerealiseerde panden uitgegaan van een ‘goede bouwwijze’, waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat de panden nabij het spoor liggen. Dit betekent dat in de constructie van met name de vloeren eigenfrequenties dienen te worden vermeden die samenvallen met de dominante eigenfrequenties van het treinverkeer, zoals opgenomen in de bijlagen van dit onderzoek. Niet gerealiseerde panden waarvan de constructiewijze bekend is, zijn op vergelijkbare manier als reeds gerealiseerde panden meegenomen in het onderzoek.

6.2.3. *Cumulatieve effecten*

De cumulatie van de trillingen van treinverkeer met andere trillingsbronnen kan leiden tot hogere trillingen dan wanneer de verschillende trillingsbronnen afzonderlijk worden bekeken. In het onderzoeksgebied kan cumulatie optreden met zwaar wegverkeer, zoals bussen en vrachtverkeer. In de praktijk treedt cumulatie op wanneer aan onderstaande twee condities wordt voldaan:

1. Beide trillingsbronnen hebben vergelijkbare trillingssterktes. Dit betekent doorgaans dat de afstand tot beide trillingsbronnen vergelijkbaar moet zijn, maar ook dat het type trillingsbron vergelijkbaar moet zijn. De trillingsspectra van bussen en vrachtwagens hebben andere karakteristieken dan treinen, zodat er gewoonlijk geen sprake zal zijn van significante versterking van de trillingen bij gelijktijdige passage.
2. Beide trillingsbronnen treden gelijktijdig op. In de praktijk betekent dit dat op het moment van een treinpassage ook een ander voertuig langskomt wat vergelijkbare trillingen veroorzaakt. Dit zal alleen optreden bij drukke vervoerslijnen. Cumulatie van treinverkeer (meerdere treinpassages tegelijkertijd) is in de metingen onderzocht (zie Bijlage VII). Afhankelijk van de locaties is ook op dit moment al sprake van gelijktijdige passages. In de toekomst neemt de kans op een gelijktijdige passage niet toe (geen toename treinverkeer), wel kunnen deze gelijktijdige passages op andere momenten optreden. Gelijktijdige passage van treinen leidt vaak tot iets hogere trillingen. Deze toename van de cumulatie is meegenomen in de predictie van de trillingen en daarmee ook in de beoordeling van de trillingen in de gebouwen.

In het onderzoeksgebied is naar verwachting geen sprake van significante cumulatie van trillingen, doordat de verschillen in afstand of trillingsbron tussen het treinverkeer en overig verkeer groot zijn. Voor de cumulatie met wegverkeer geldt dat er sterke verschillen zijn tussen de trillingsbronnen, waardoor cumulatie niet waarschijnlijk is.

6.3 Totaalbeoordeling effecten t.b.v. MER

Op basis van de aantallen per toetsingscriterium is in Tabel 15 een waardering toegekend van de effecten van het plan. Deze waardering is gebaseerd op paragraaf 2.5, de waarderingen zijn ten opzichte van de referentiesituatie en zijn zowel in- als exclusief kosteneffectieve maatregelen weergegeven.

Tabel 15: Samenvatting effecten

	Referentiesituatie	Plansituatie excl. maatregelen	Plansituatie incl. maatregelen
Criterium 1 – Toename gehinderden	0	-	0
Criterium 2 – Overschrijdingen A2-grenswaarde	0	--	-
Criterium 2 – Overschrijdingen A3-grenswaarde	0	-	-
Criterium 3 – Kans op trillingsschade	0	0	0

Het project heeft beperkt negatieve effecten op criterium 1 (aantal gehinderden) en criterium 2 (overschrijdingen A3-grenswaarde), met name door de toename van de rijsnelheid en de overgang naar (zwaarder) elektrisch reizigersmaterieel. Het project heeft negatieve effecten op criterium 2 (overschrijdingen A2-grenswaarde), met name door de toename van de rijsnelheid en overgang naar (zwaarder) elektrisch reizigersmaterieel. Door het toepassen van de voorgestelde kosteneffectieve maatregelen zijn deze effecten sterk te reduceren.

6.4 Conclusie

Uit het onderzoek volgt dat met name in Cuijk en Tegelen, en daarnaast nog bij vooral groepjes verspreid liggende woningen (vooral in de buurt van overwegen) overschrijdingen zullen optreden van het beoordelingskader voor trillingshinder, de Bts. Op de noordelijke Maaslijn (Cuijk) zijn deze overschrijdingen het gevolg van een combinatie van een verhoging van de rijsnelheid, de overgang naar (zwaarder) elektrisch reizigersmaterieel en op sommige locaties het dichterbij komen van de sporen of de realisatie van nieuwe wissels (trillingen zijn hoger rond wissels). In Tegelen (zuidelijke Maaslijn) geldt dat de rijsnelheid van goederentreinen hier omhoog gaat. Goederentreinen rijden hier nu langzaam omdat deze elkaar moeten passeren, na aanpassing van de Maaslijn is deze stop onwenselijk voor een robuuste dienstregeling van het reizigersverkeer, en gaat de rijsnelheid omhoog. Hierdoor nemen de trillingen toe.

De overschrijdingen zijn op 20 locaties grotendeels te mitigeren door het toepassen van under sleeper pads. Op sommige locaties zijn maatregelen echter niet kosteneffectief (te hoge kosten of te weinig effectiviteit), en daarmee niet doelmatig. Na het nemen van deze maatregelen wordt in de meeste delen van

het projectgebied voldaan aan het beoordelingskader voor trillingen. Wel zijn er nog steeds overschrijdingen en licht negatieve effecten mogelijk op locaties waar geen kosteneffectieve maatregelen zijn. Voor al die locaties geldt overigens dat wel wordt voldaan aan de grenswaarde van 3,2 voor V_{max} uit de Bts, de grenswaarde waarboven maatregelen *moeten* worden getroffen.

Tijdens de bouwfase zijn overschrijdingen van het beoordelingskader voor trillingsschade te voorkomen door het kiezen van een trillingsarme bouwmethode. Tijdens de exploitatiefase zijn er geen overschrijdingen als gevolg van het project op de aspecten trillingsschade en verstoring van trillingsgevoelige apparatuur.

7 Monitoring, evaluatie en leemten in kennis

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de manier van evaluatie van dit onderzoek en de leemten in kennis beschreven. Bij de leemten in kennis gaan we in op aannames, uitgangspunten en keuzes die invloed kunnen hebben op de resultaten van het onderzoek. In het evaluatie- en monitoringsprogramma stellen we het effect van die onzekerheden vast, en borgen we dat voor eventuele onvoorziene negatieve projecteffecten wanneer nodig alsnog een maatregelafweging wordt uitgevoerd.

7.2 Evaluatie en monitoring

Gelet op artikel 8 van de Bts worden de gevolgen van de ingebruikneming van het project ten aanzien van het aspect trillingshinder uiterlijk binnen 1 jaar na ingebruikneming van het project onderzocht. Hierbij wordt getoetst of de verwachte projecteffecten daadwerkelijk zijn opgetreden. Indien sprake is van sterker dan verwachte effecten, dan wordt opnieuw een maatregelafweging uitgevoerd om vast te stellen of aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn.

7.3 Leemten in kennis

Dit onderzoek kent een aantal aannames, uitgangspunten en keuzes die invloed kunnen hebben op de resultaten van het onderzoek. Nader onderzoek kan uitwijzen hoe groot deze invloed is. De factoren die invloed hebben op de resultaten en conclusies worden hieronder toegelicht.

- De invloed van de snelheidsverhoging is bepaald op basis van een aantal metingen aan vergelijkbaar materieel, zowel op de Maaslijn als op andere locaties in Nederland. Uit de metingen blijkt dat het effect van de verhoging van de rijsnelheid verschilt per locatie, maar dat de variatie voor sprinters (die in dit project de grootste snelheidsverandering ondergaan) beperkt is. De invloed van deze onnauwkeurigheid is daarom beperkt.
- De invloed van het dichterbij komen van de sporen is bepaald op basis van een groot aantal metingen langs de Maaslijn. De uitdemping van de trillingen met de afstand varieert slechts beperkt langs de Maaslijn. Bovendien gaat het in dit project vaak om een beperkte wijziging in de afstand tot het spoor. De invloed van deze onnauwkeurigheid is daarom beperkt.
- Op een aantal locaties spelen wissels (nieuw of te verwijderen) en overwegen een rol. Door dergelijke constructies zijn de trillingen lokaal hoger. De invloed van deze factoren is in dit onderzoek conservatief meegenomen op basis van metingen langs de Maaslijn. De invloed van deze onnauwkeurigheid is daarom beperkt.
- De invloed van de overgang van diesel naar elektrisch reizigersmaterieel is bepaald op basis van een meting aan beide treintypes op een vergelijkbare bodem (in Duiven), en daarnaast op basis van een vergelijking van de voor trillingen bepalende eigenschappen van de treinen (statische en dynamische aslast) en metingen op verschillende locaties. Door deze dubbele vergelijking is de onzekerheid in deze factor zoveel mogelijk gereduceerd.
- De invloed van goederentreinen. Op de noordelijke Maaslijn is slechts sprake van incidenteel goederenvervoer (enkele treinen per week). Dit onderzoek is voornamelijk gebaseerd op metingen met een duur van een week, waardoor op de noordelijke Maaslijn vaak slechts enkele goederentreinpassages zijn gemeten. Om de trillingen van goederentreinen toch nauwkeuriger vast te stellen, zijn de metingen op de noordelijke Maaslijn aangevuld vanuit een langeduurmeting (3 maanden) in Cuijk. Hierdoor zijn de trillingen van goederentreinen nauwkeuriger vastgesteld, maar er is nog steeds sprake van onzekerheid in deze trillingen. Omdat het project niet leidt tot significante wijzigingen voor goederentreinen, en de Bts vooral toetst op een toename van de trillingen, is de invloed van deze onzekerheid op de eindresultaten beperkt.
- In het onderzoek zijn de gebouwgegevens gekarakteriseerd op basis van kenmerken zoals bouwhoogte, bouwjaar en afmetingen, en vervolgens gecategoriseerd in klasses. De overdracht van maaiveld naar fundering en van fundering naar midden vloerveld is per klasse bepaald in een groot aantal vergelijkbare gebouwen, verspreid over heel Nederland. Desondanks kan het voorkomen dat bepaalde gebouwen met

sterk afwijkende bouwkarakteristieken niet goed gerepresenteerd worden door de in dit onderzoek gebruikte parameters. Het model werkt daarom met een betrouwbaarheid van 95 procent, de kans op een hogere trillingssterkte of laagfrequent geluidniveau dan het model aangeeft is daarmee kleiner dan 5 procent, zoals gebruikelijk bij berekeningen voor trillingshinder.

- De invloed van under sleeper pads is meegenomen op basis van specificaties van fabrikanten. Er zijn nog geen meetresultaten van het effect van under sleeper pads in Nederland beschikbaar. Hierdoor kan het werkelijke effect van under sleeper pads afwijken.

Colofon

Opdrachtgever ProRail

Uitgave Movares Nederland B.V.

Daalseplein 100
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 030 265 55 55

Projectnummer RM006190

Kenmerk A20-MHA-KA-2000008

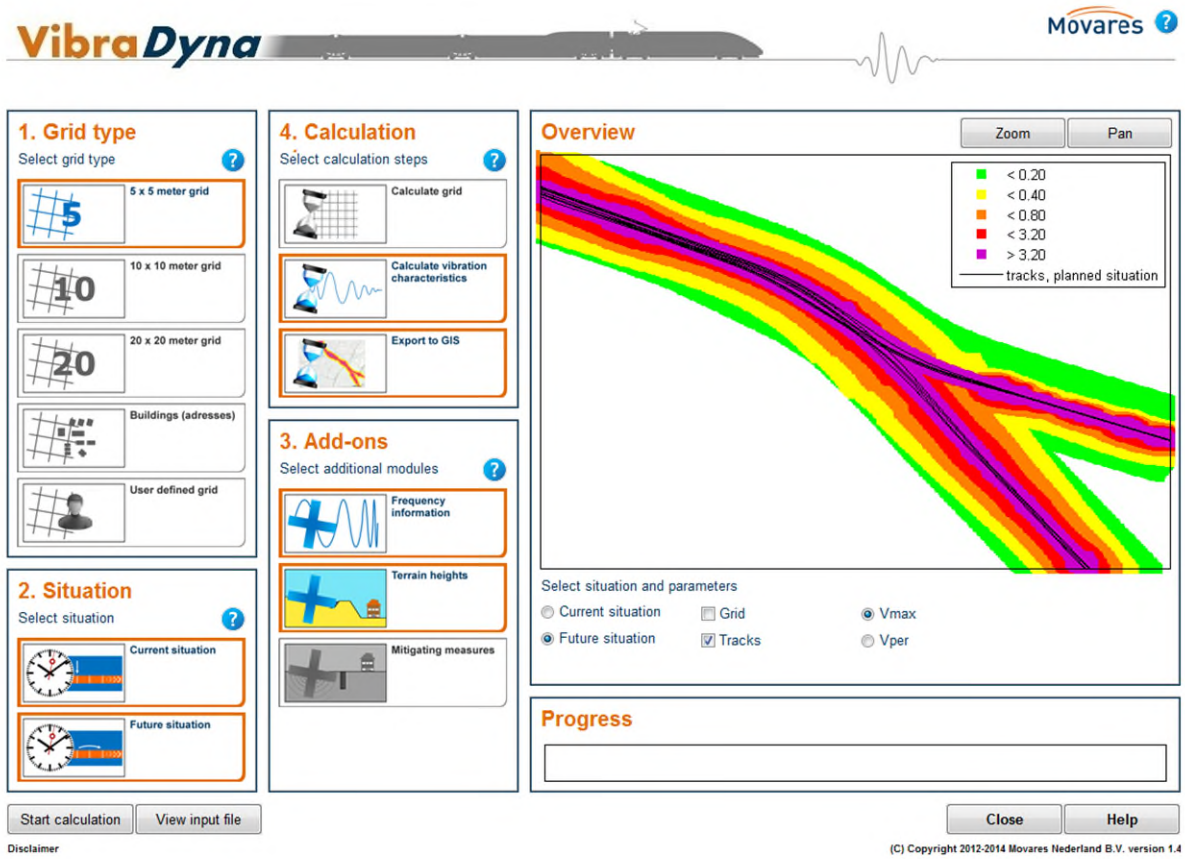
De foto op de voorpagina is gemaakt door Rob Dammers en is afkomstig van https://www.flickr.com/photos/robdammers/35893267811/. Dit werk is gelicenseerd onder een Creative Commons Naamsvermelding 3.0 Nederland licentie. Bezoek http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/nl/ om een kopie te zien van de licentie of stuur een brief naar Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

© 2019, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage I – Vibra*Dyna*

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van Vibra*Dyna*, een door Movares ontwikkeld trillingsmodel dat met behulp van een database en door de gebruiker geselecteerde specifieke gegevens de trillingssituatie berekent ten gevolge van rail- of wegverkeer, zie Figuur 7.



Figuur 7: VibraDyna, hier is versie 1.4 getoond

In het huidige onderzoek is gebruik gemaakt van een nauwkeurige, frequentieafhankelijke berekening op basis van metingen. Vibra*Dyna* kent ook de mogelijkheid om een snelle, globale berekening uit te voeren met een lagere nauwkeurigheid. Deze berekening kan dan gebruikt worden om te bepalen waar metingen ten behoeve van een nauwkeuriger model noodzakelijk zijn. Dit globale model is in het voorliggende onderzoek niet gebruikt, de meetlocaties voor de maaiveldmetingen zijn bepaald op basis van (variaties in) de bodemopbouw en veranderingen in het project. Beide types modellen worden hieronder nader toegelicht.

I.1 Globale berekening op basis van expert judgment

De berekeningen in Vibra*Dyna* kunnen aanzienlijk worden versneld en versimpeld door alleen gebruik te maken van de database van het model. Deze database bevat gegevens over de grondopbouw, trillingssterktes, invloed van wissels en kunstwerken en diverse andere aspecten, en is opgebouwd op basis van jarenlange ervaring met metingen langs spoorlijnen en wegen. De aannames in dit model zijn worst-case (conservatief).

I.1.1 In- en uitvoer

Gebruikers kunnen de volgende parameters variëren:

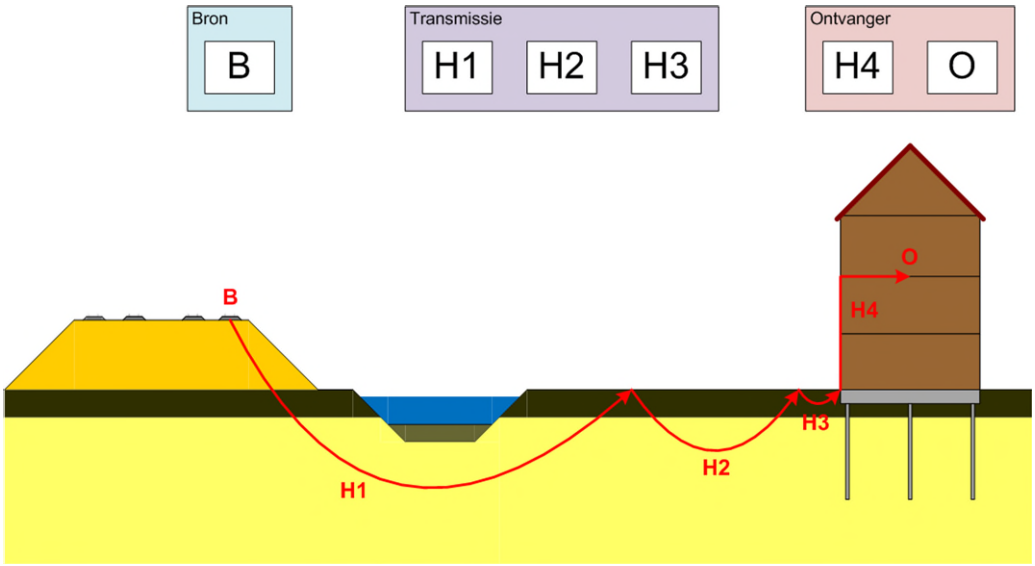
1. Afstand tussen gebouw en spoor
2. Bodemtype (zand, veen, klei, etc.). Deze gegevens zijn op hoofdlijnen uit archieven beschikbaar
3. Voertuigtypes

4. Voertuigsnelheden
5. Voertuigintensiteiten in dag-, avond- en nachtperiode
6. Wissels en kunstwerken

Output van het model is de trillingssterkte en trillingsintensiteit op de door de gebruiker opgegeven locatie(s). Resultaten kunnen worden gevisualiseerd in bijvoorbeeld een GIS-applicatie.

I.1.2 Bron, transmissie en ontvanger

Vibra*Dyna* is gebaseerd op de Barkanvergelijking, een empirische vergelijking die de voortplanting van trillingsgolven door de bodem beschrijft. Uit onderzoek blijkt dat deze empirische relatie goed bruikbaar is om de afname van trillingen met de afstand tot een trillingsbron te beschrijven.
In de overdracht van trillingen van bron naar ontvanger wordt onderscheid gemaakt tussen de bron, de transmissie (of overdracht) en de ontvanger. Een voorbeeld van een dwarsdoorsnede van een gebied langs het spoor is weergegeven in Figuur 8. Bron, transmissie en ontvanger zijn daarin aangegeven.



Figuur 8: Transmissie van trillingen

In de globale berekening worden alle parameters niet-frequentieafhankelijk beschouwd.

I.1.3 Database

Er is een aantal bronparameters dat de trillingssterkte beïnvloedt, deze bronparameters kunnen worden onderscheiden in twee categorieën:

1. Treinafhankelijke parameters, zoals treinsnelheid, aslast, afvering en wielruwheid. Deze parameters worden deels ingegeven door de gebruikers, en zijn deels opgenomen in de database van Vibra*Dyna*.
2. Baanparameters, zoals oneffenheden in de baan, zetting van de baan en de aanwezigheid van wissels en kunstwerken. Deze parameters zijn opgenomen in de database van Vibra*Dyna*.

Parameters uit categorie 1 worden meegenomen door onderscheid te maken tussen verschillende treintypes en door het introduceren van een variatie op de betrouwbaarheid. Parameters uit categorie 2 worden meegenomen als afzonderlijke trillingsbronnen.

I.1.4 Berekening

Met behulp van de relaties tussen de treintypes en de Barkanvergelijking wordt de trillingssterkte V_{max} per treintype bepaald in de referentie- en plansituatie.
De trillingsintensiteit V_{per} wordt berekend met behulp van de maximale uurintensiteit van de verschillende treintypes. Dit resulteert in een conservatieve inschatting van V_{per}, aangezien niet alle maximale uurintensiteiten in dezelfde periode (dag, avond of nacht) optreden.

I.2 Nauwkeurige berekening op basis van metingen

Voor veel onderzoeken is een grotere nauwkeurigheid van het onderzoek gewenst dan een bepaling op basis van expert judgment, zodat de posities van aandachtslocaties beter inzichtelijk kunnen worden gemaakt. In dat geval kan een nauwkeuriger berekening worden uitgevoerd met Vibra*Dyna*, waarbij gebruik wordt gemaakt van metingen. Deze metingen worden door de gebruiker zelf uitgevoerd en als invoer in het model gestopt.
De volgende meetresultaten kunnen worden ingevoerd in het model:

- Trillingsmetingen aan voertuigpassages op maaiveld loodrecht op het spoor of de weg, om de bronsterkte van de verschillende passerende voertuigen te bepalen.
- Valproeven om de afnamecurve van de lokale bodem vast te stellen (de bodemeigenschappen).

Ten opzichte van de globale berekening wordt deze nauwkeuriger berekening frequentieafhankelijk uitgevoerd. Daarnaast wordt rekening gehouden met lokale variaties in taludgeometrie, bodem- en baanopbouw. Daardoor heeft dit type model een grotere betrouwbaarheid dan de globale berekening.

I.2.1 Frequentieafhankelijkheid

In het nauwkeurige model wordt gerekend met zogenaamde tertsbandspectra van trillingssignalen van treinen. Uit diverse onderzoeken blijkt dat de tertsbandspectra van treinen, mits genormaliseerd voor snelheid, per treintype weinig variatie kennen. De beperkte variatie die er is wordt vooral veroorzaakt door variaties in wielonrondheid, wielruwheid en aslast.
Ook een groot aantal andere invloeden is frequentieafhankelijk. Te denken valt aan de invloed van wissels, geometriewijzigingen, de eigenschappen van gebouwen of de demping van de bodem. Door deze invloeden frequentieafhankelijk in het model in te voeren, wordt de nauwkeurigheid van het trillingsmodel vergroot ten opzichte van het werken met scalaire grootheden.

I.2.2 Relatie tussen tertsbandspectrum en v_{eff}

De trillingssterkte v_{eff} is een gewogen voortschrijdend gemiddelde, dat gecorrigeerd is voor frequenties. Deze grootheid wordt gebruikt om de trillingssterkte V_{max} te bepalen, die vervolgens getoetst wordt aan de Bts.
De v_{rms}-waarde is bepaald uit het tertsbandspectrum door energetisch te sommeren over de frequenties, na het toepassen van de correctie uit de SBR B-richtlijn:

$$v_{rms} = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} F_c(f) \cdot v_i(f)^2}$$

Hierbij is $v_i(f)$ het tertsbandspectrum en $F_c(f)$ de correctiefactor van de SBR B-richtlijn. De waarde van v_{rms} is vervolgens omgerekend naar een v_{eff} volgens de voorgeschreven naverwerkingsmethode. De trillingssterkte V_{max} wordt vervolgens bepaald uit de gehele verzameling van gemeten v_{eff}-waarden voor alle treinen.

I.2.3 Berekening

De berekening in Vibra*Dyna* vindt plaats volgens een aantal stappen. Met behulp van de relaties tussen de treintypen en een frequentieafhankelijke Barkanvergelijking wordt de trillingssterkte V_{max} bepaald voor de referentie- en plansituatie. De trillingsintensiteit V_{per} wordt op analoge wijze als in stap 1 berekend.

I.3 Betrouwbaarheid van Vibra*Dyna*

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van trillingsmodellen in plaats van metingen in gebouwen. Het gebruik van trillingsmodellen in plaats van het uitvoeren van metingen heeft een aantal voordelen:

- Het maakt het mogelijk om sneller een goede prognose te geven van de trillingssterkte.
- Het maakt het mogelijk om een groter aantal verschillende locaties te beschouwen. Het uitvoeren van metingen op een groot aantal locaties is zowel tijdrovend als kostbaar en kan bij het gebruik van een betrouwbaar trillingsmodel achterwege blijven.

Nadeel van het gebruik van modellen is dat een model slechts een *benadering* van de werkelijkheid is. Zo kunnen gebouwen met een ongunstige overdrachtskarakteristiek (tussen maaiveld en de bewoonde vloeren) afwijken van

de gemiddelde prognoses die het model hanteert. Om er toch voor te zorgen dat de modellen zo betrouwbaar mogelijk zijn, is de volgende aanpak gehanteerd:

1. Modelparameters zijn bepaald op basis van een groot aantal metingen in een groot aantal gebouwen door het gehele land, over langere tijd. De beoordeling van de trillingssterkte vindt plaats op basis van een bovengrens die statistisch wordt bepaald. Hierdoor is het percentage gebouwen waar in werkelijkheid een hogere trillingssterkte wordt gemeten, zeer klein. Bij het nauwkeurige model is het mogelijk om gebouweigenschappen toe te voegen, zodat de invloed van sterk afwijkende bebouwing sterk wordt gereduceerd.
2. Het model is geverifieerd in eerdere onderzoeken met behulp van metingen in gebouwen. Uit deze verificatiemetingen volgt dat het gebruikte model een hoge betrouwbaarheid heeft, zie onder meer de trillingsonderzoeken ten behoeve van de Tracébesluiten *Sporen in Arnhem*[13], *Sporen in Utrecht*[14] en *Doorstroomstation Utrecht*[15] met de bijbehorende Opleveringstoetsen.
3. In de beoordeling van de modelresultaten worden drie categorieën onderscheiden:
    a. Gebouwen die voldoen aan het beoordelingskader.
    b. Gebouwen die wel voldoen aan het beoordelingskader, maar waarbij nog een kans op een overschrijding is.
    c. Gebouwen die niet voldoen aan het beoordelingskader.

    Locaties waarvan niet zeker is dat ze voldoen aan het beoordelingskader, komen voor nader onderzoek in aanmerking. Door deze conservatieve manier van beoordeling worden alle locaties (extreme uitschieters uitgezonderd) waar een mogelijke overschrijding is van het beoordelingskader, net zo lang onderzocht totdat duidelijk is dat er geen overschrijdingen zullen optreden. Wanneer blijkt dat er desondanks overschrijdingen zijn van het beoordelingskader, dan worden maatregelen ontworpen om de locatie alsnog te laten voldoen aan de streefwaarden.

De maximale trillingssterkte en trillingsintensiteit wordt door Vibra*Dyna* bepaald met een betrouwbaarheid van 95 procent. Bij beoordeling op de Bts speelt vooral de toename in trillingssterkte een belangrijke rol. Om deze toename conservatief genoeg te berekenen, rekent Vibra*Dyna* met simultane probabilisitsche verdelingen van de trillingssterkte per meetpunt. Voor elke factor die de trillingssterkte beïnvloedt, is de correlatie bepaald tussen deze factor in de referentie- en plansituatie. Door vervolgens een simultane probabilistische verdeling op te stellen van de maximale trillingssterkte in de referentie- en plansituatie, kunnen kansdichtheidscontouren worden getrokken zoals in Figuur 9. De zwarte punt geeft in dit geval de trillingssterkte in de referentie- en plansituatie weer.

Hoe groter de correlatie tussen de beide situaties is (d.w.z., hoe minder veranderingen er zijn tussen referentie- en plansituatie), hoe meer de contouren worden samengetrokken naar de lijn die loopt tussen de zwarte punt en het centrum van de contouren in Figuur 9, en hoe betrouwbaarder de predictie dus is.

Door de simultane probabilistische verdeling van de trillingssterkte in de referentie- en plansituatie te integreren over het groene gebied in Figuur 9, kan een kans worden toegekend aan of een woning voldoet aan het beoordelingskader. Voor de in Figuur 9 getoonde contouren is deze kans bijvoorbeeld gelijk aan 85 procent.

Enkele aandachtspunten bij deze overschrijdingskans:

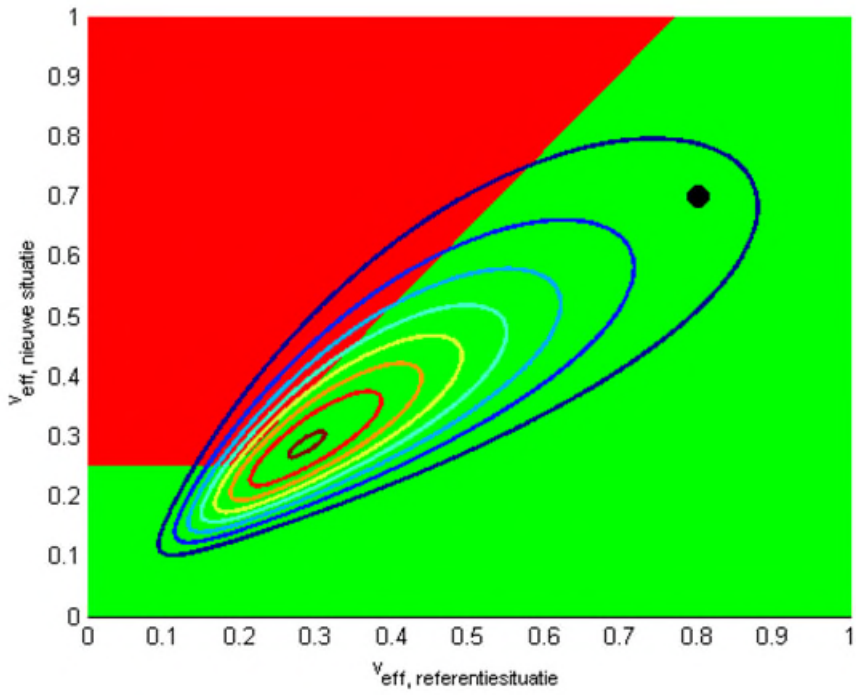
1. Voor het getoonde voorbeeld is er nog een kans van 15 procent op een overschrijding van de streefwaarden. Bij overschrijdingen is de waarde van de trillingssterkte in de nieuwe situatie waarschijnlijk echter aanzienlijk lager dan de trillingssterkte die weergegeven is door de zwarte stip in Figuur 9. Op basis van uitgebreid onderzoek is ervoor gekozen om locaties nader te onderzoeken indien de overschrijdingskans groter is dan 80 procent. De overschrijdingskans wordt alleen meegenomen om te bepalen of een woning of deelgebied wordt meegenomen in een vervolgonderzoek, niet bij het al dan niet nemen van maatregelen.

[13] Boon, ir. P.M., *Sporen in Arnhem, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit,* Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400006, 31 maart 2014, versie 1.0

[14] Boon, ir. P.M., *Sporen in Utrecht, Trillingsonderzoek t.b.v. Tracébesluit,* Movares Nederland B.V., D79-PBO-KA1400005, 31 maart 2014, versie 1.0

[15] Boon, ir. P.M., *Doorstroomstation Utrecht (DSSU), Trillingsonderzoek,* Movares Nederland B.V., OND-ET-CON-TR-RAP-100, 4 juni 2015, versie 3.0

2. In het globale model wordt een eventuele wijziging in taludgeometrie nog niet meegenomen. Daarom wordt in dit model extra conservatief getoetst door te rekenen met een lagere correlatiecoëfficiënt (meer spreiding in resultaten mogelijk).



Figuur 9: Voorbeeld trillingssterkte in referentie- en plansituatie (zwarte stip) en kansdichtheidscontouren van mogelijke trillingssterktes (correlatiecoëfficiënt van 0.85)

Bijlage II – Beoordelingskader

II.1 Algemeen

Treinverkeer, maar ook bouwwerkzaamheden en wegverkeer, kunnen leiden tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen resulteren in hinder en/of schade. De Duitse DIN 4150-2 (1999) norm beschrijft criteria voor het meten en beoordelen van trillingen. De Nederlandse SBR richtlijn is hierop gebaseerd.
De SBR richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen en bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan bouwwerken;
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: verstoring van apparatuur.

Daarnaast heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu een *Beleidsregel Trillinghinder Spoor* (Bts) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is.
In het onderzoek ten behoeve van de MER wordt naar twee aspecten gekeken: trillingshinder (aantal overschrijdingen van de Bts en kans op hinder) en trillingsschade (overschrijdingen van de SBR A-richtlijn). In het onderzoek ten behoeve van het (O)TB wordt ook gekeken naar de kans op verstoring van gevoelige apparatuur. In de volgende paragrafen staan deze de beoordelingskaders beschreven.

II.2 Bts (Beleidsregel trillinghinder spoor) – beoordelingskader trillingshinder

Tot op heden zijn er nog geen richtlijnen voor trillingshinder vastgelegd in wetgeving, zoals dat bijvoorbeeld voor geluidhinder wel het geval is. Vooruitlopend op toekomstige wetgeving heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu in 2012 een *Beleidsregel Trillinghinder Spoor* (Bts) opgesteld, dat een wijziging van en aanvulling op de SBR B-richtlijn is. Deze Bts is in 2014 deels gewijzigd. Enkele belangrijke aanvullingen ten opzichte van de SBR B-richtlijn zijn:

- Een nadere invulling van het kosteneffectiviteitscriterium bij de afweging van maatregelen, met een richtbedrag van € 47.000 per woning met overschrijdingen of € 500 per werkplek. Dit bedrag is gebaseerd op een MKBA[16], uitgevoerd door Witteveen+Bos, RoyalHaskoningDHV en TNO;
- Een aanpassing van de meetprocedure. De trillingssterkte wordt bepaald over een meetperiode van tenminste een week;
- De introductie van een naverwerkingsmethode, met als doel een reproduceerbare maximale trillingssterkte te genereren, die vergelijkbaar is met de methode zoals gehanteerd in de SBR B-richtlijn;
- De introductie van een reproduceerbaarheidswaarde *R*. Deze factor is een indicatie van de onzekerheid in de meting en eventuele prognoses die zijn gemaakt, en geeft aan in hoeverre het resultaat van een herhaling van de meting of berekeningen kan afwijken van het gegeven resultaat. Wanneer deze *R*-waarde groter is dan 10 procent, wordt bij het beoordelen van de trillingssituatie en het nemen van maatregelen rekening gehouden met deze onzekerheid.

In de Bts wordt onderscheid gemaakt tussen nieuwe en bestaande situaties, waarbij de streefwaarden voor nieuwe situaties strenger zijn dan voor bestaande situaties. Dit project valt onder bestaande (gewijzigde) situaties. Bts artikel 1 spreekt van een ‘bestaande situatie als een referentiesituatie waarin reeds sprake is van trillingen als gevolg van railverkeer’.
De Bts maakt daarnaast onderscheid tussen de dag- en avondperiode en de nachtperiode. Hierbij geldt dat de streefwaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht lager zijn dan die gedurende de dag en avond.
Om de trillingssterkte in een gebouw te bepalen dient de effectieve trillingssnelheid v_{eff} gemeten te worden in een gebouw gedurende een periode van minimaal een week. Deze effectieve trillingssnelheid wordt bepaald als voortschrijdend gemiddelde per 30 seconden. Vervolgens wordt per 30 seconden de maximale waarde van dit

[16] MKBA = Maatschappelijke Kosten Baten Analyse, methodiek om de maatschappelijk gezien acceptabele kosten van een maatregel te bepalen. Zie Ruijgrok, dr. ir. E.C.M. e.a., *Kosteneffectiviteitstoetsing Trillingsreducerende Maatregelen Spoor*, Witteveen+Bos, juni 2013, projectcode ut702-1-1

voortschrijdend gemiddelde genomen. Middels een statistische procedure wordt vervolgens een waarde bepaald voor $V_{max,\ Bts}$, zie ook Bijlage IV. Deze waarde wordt gebruikt voor toetsing aan de streefwaarden.
V_{per} is een weergave van de trillingsintensiteit. Deze waarde wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0.1 valt. Trillingssnelheden onder de 0.1 zijn nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van de V_{per}. Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingssnelheden boven de 0.1 uitkomen. Zie voor de exacte bepaling de SBR B-richtlijn.

II.2.1 Normstelling in de Bts

De streefwaarden in de Bts verschillen over de dag en avond (7.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur) en per gebouwfunctie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen *gebouwen met een kritische werkruimte* (gevoelige apparatuur e.d.), *gezondheidszorg en wonen* en *kantoren* en *gebouwen ten behoeve van onderwijs of bijeenkomsten*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes, zie Tabel 16 voor de normstelling voor bestaande situaties.
De Bts kent drie waarden: A1, de streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max}, A2, de grenswaarde voor de trillingssterkte V_{max} en A3, de grenswaarde voor de trillingsintensiteit V_{per}.

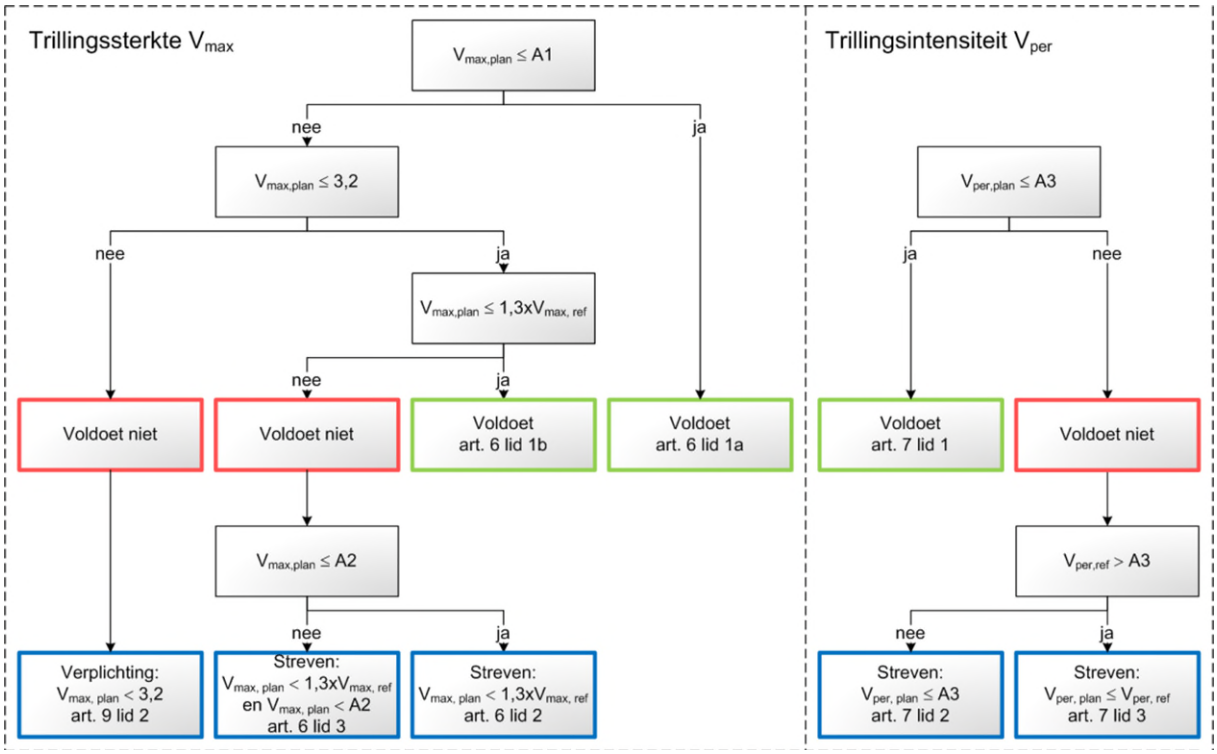
Tabel 16: Normstelling bestaande situatie volgens Bts

	Dag en avond			Nacht		
Gebouwfunctie	**A1**	**A2**	**A3**	**A1**	**A2**	**A3**
Gezondheidszorg en wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Onderwijs, kantoor en bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische ruimte	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

II.2.2 Beoordeling van trillingssituatie

Om te beoordelen of een bepaalde locatie voldoet aan de Bts voor bestaande situaties moet het schema in Figuur 10 worden doorlopen. Dit schema geeft aan wanneer maatregelen dienen te worden afgewogen. Maatregelen ter voorkoming of beperking van de trillingshinder met betrekking tot de waarde van V_{max} kunnen achterwege blijven indien wordt voldaan aan één van de twee volgende condities:

1. De waarde van V_{max} in de plansituatie is lager dan A1 en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3.
2. De toename in trillingssterkte in de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie is 30 procent of minder en de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} is lager dan A3 en de trillingssterkte in de plansituatie is lager dan de grenswaarde van 3.2.



Figuur 10: Beoordeling van gewijzigde situaties in de Bts

II.3 SBR richtlijn deel A – beoordelingskader trillingsschade

II.3.1 Schade als gevolg van treinverkeer en bouwwerkzaamheden

Bouwwerkzaamheden kunnen leiden tot schade aan gebouwen in de omgeving van de werkzaamheden. Heien, het intrillen van damwanden en sloopwerkzaamheden kunnen hoge trillingsnelheden veroorzaken, die zeker op korte afstand van de trillingsbron tot schade in gebouwen kunnen leiden.

De sterkte van trillingen ten gevolge van treinverkeer zijn voor vrijwel alle gebouwen te gering om schade aan gebouwen te veroorzaken. Op afstanden groter dan 10 meter vanaf de spoorbaan is de trillingssnelheid, gemeten aan de fundering, zonder uitzondering kleiner dan 2 mm/s. Binnen die afstand zijn hogere trillingen wel mogelijk.

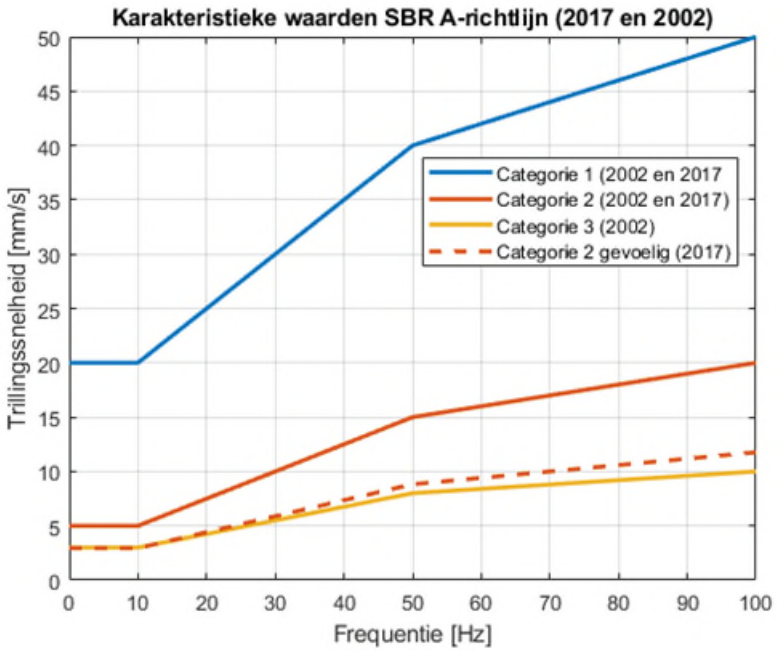
II.3.3 Algemeen

De grenswaarden voor trillingen t.a.v. schade volgens SBR A-richtlijn worden vastgesteld op basis van drie beoordelingscriteria:

1. Type bouwwerk. De volgende verschillende typen van bouwwerken onderscheiden:
    a. Categorie 1: in goede staat verkerende onderdelen van een draagconstructie indien deze bestaan uit gewapend beton of hout; onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout en draagconstructies van bouwwerken die geen gebouw zijn en bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke;
    b. Categorie 2: in goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk; in goede staat verkerende onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals bijvoorbeeld scheidingsconstructies, welke bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.
    c. Categorie 2 met een gevoelige bouwkundige staat of monument. In de versie uit 2017 van de SBR-A richtlijn is de eerdere gebouwcategorie 3 (oude en monumentale panden met grote cultuurhistorische waarde, en in slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of onderdelen daarvan) vervallen, en is er een veiligheidsfactor voor gebouwen met een monumentale status of

slechte staat toegevoegd. Bij toepassing van deze veiligheidsfactor hebben categorie 2-gebouwen met een gevoelige staat iets hogere grenswaarden dan de voormalige categorie 3-gebouwen.

De grenswaarden per categorie zijn weergegeven in Figuur 11. Ter indicatie zijn ook de waarden uit de vorige SBR A-richtlijn (2002-versie) getoond.



Figuur 11: Grenswaarden in SBR A-richtlijn

2. Type trillingsbron. Er worden drie verschillende typen trillingsbronnen onderscheiden, elk met een eigen veiligheidsfactor:
    a. Bronnen die incidenteel voorkomende, kortdurende trillingen veroorzaken ten gevolge van een stootvormige excitatie. Het aantal malen dat het trillingsverschijnsel voorkomt is zo gering dat er geen rekening behoeft te worden gehouden met vermoeiingseffecten van constructiematerialen. Voorbeelden van dit type trillingen zijn explosies en botsingen. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 1.0.
    b. Bronnen die herhaalde kortdurende belastingen veroorzaken bij een stootvormige excitatie. Hieronder worden bronnen verstaan die zodanig vaak voorkomen dat met vermoeiingseffecten in materialen rekening moet worden gehouden. Een voorbeeld van dit type trillingen is heiwerkzaamheden. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 1.5.
    c. Bronnen die continue trillingen veroorzaken. Hieronder worden verstaan alle bronnen die niet onder de voorgaande twee categorieën kunnen worden ingedeeld. Als gevolg van deze trillingen kunnen resonanties en/of vermoeiingseffecten in de onderdelen van een gebouw optreden. Voorbeelden van dit type trillingen zijn machines met roterende onderdelen, vibratoren, verdichtingswerk d.m.v. trilwalsen en het inbrengen van damwanden d.m.v. trilblokken. De veiligheidsfactor die gehanteerd moet worden is 2.5.

    In dit onderzoek wordt schade gerelateerd aan de realisatie van een damwand en van treinverkeer. Treinverkeer valt onder categorie 2 (veiligheidsfactor 1.5), het intrillen van damwanden onder categorie 3 (veiligheidsfactor 2.5). De grenswaarden dienen door deze veiligheidsfactor te worden gedeeld.
3. Type meting. Afhankelijk van de hoeveelheid meetpunten wordt opnieuw een driedeling gemaakt:
    a. Indicatieve meting. Bij een indicatieve meting wordt slechts op één meetpunt in drie richtingen gemeten. Dit meetpunt wordt gemonteerd op een stijf punt aan de fundering. De gekozen

horizontale richtingen worden zoveel mogelijk gekozen overeen komend met de hoofdassen van het gebouw. De veiligheidsfactor is 1.6.

b. Beperkte meting. Bij een beperkte meting wordt ten minste in één meetpunt op het begane grondniveau en ten minste één meetpunt op de hoogste verdieping van het gebouw gemeten. De veiligheidsfactor is 1.4.
c. Uitgebreide meting. Bij een uitgebreide meting dient een groter aantal meetpunten te worden gemeten, als aanvulling op de beperkte meting. (een uitgebreide beschrijving is in de SBR trillingsrichtlijn deel A gegeven). De veiligheidsfactor is 1.0.

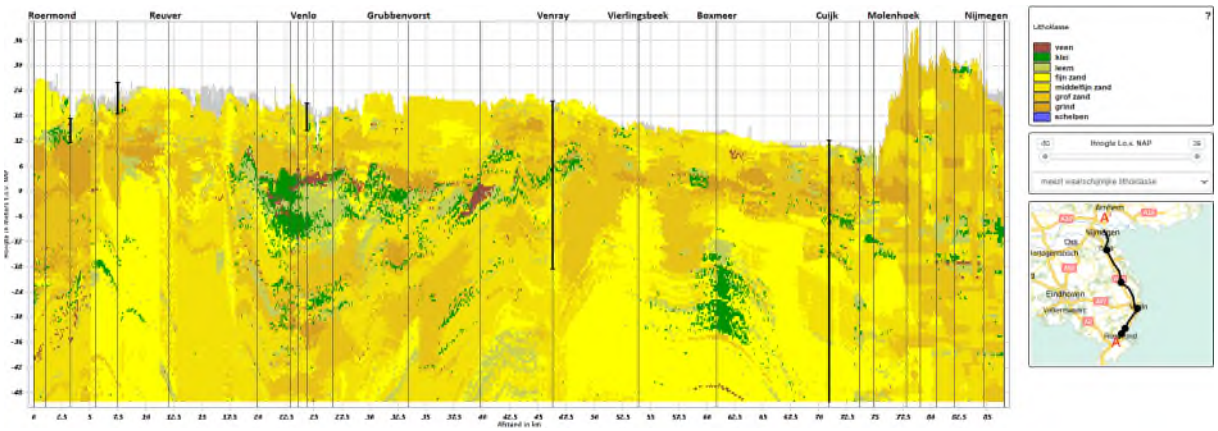
In het onderzoek naar bouwschade wordt nog geen gebruik gemaakt van meetpunten, daarom wordt de hoogste veiligheidsfactor (1.6, indicatieve meting) gehanteerd, voor het onderzoek naar trillingsschade door treinverkeer is gebruik gemaakt van metingen met meetpunten op de fundering en op de verdieping. Daarom wordt daar een veiligheidsfactor van 1.4 (beperkte meting) gehanteerd.

II.3.4 Toetsing

Na de grenswaarden voor een bepaald gebouw gedeeld te hebben door de partiële veiligheidsfactor behorend bij het type trillingsbron, kan de met behulp van berekeningen bepaalde trillingssnelheid ten gevolge van werkzaamheden getoetst worden aan de grenswaarde. Daar bovenop wordt een veiligheidsfactor gehanteerd.
In dit onderzoek wordt aangegeven voor hoeveel gebouwen een overschrijding van de SBR A-richtlijn wordt verwacht.

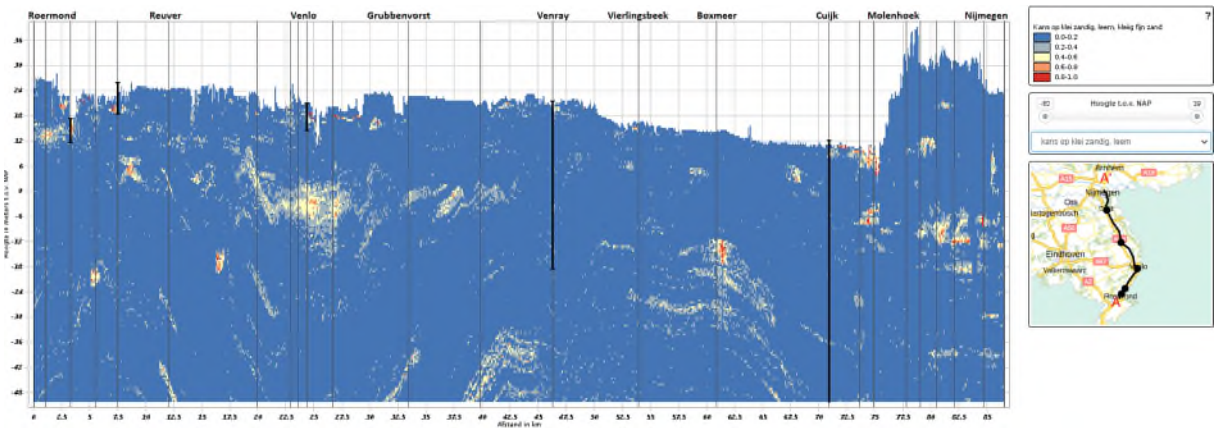
Bijlage III – Gebruikt grondonderzoek

In deze bijlage is het gebruikte bodemonderzoek weergegeven. Dit bodemonderzoek is gebruikt voor het vaststellen van de meetlocaties en het inrichten van het rekenmodel voor stap 1 en 2. Hierbij is gekeken naar de opbouw van de bodemlagen en de kans op slappe lagen die de trillingen sterker uitdempen.
De opbouw van de bodem is weergegeven in Figuur 12. Hier is duidelijk zichtbaar dat de bodem onder de Maaslijn vooral bestaat uit zandlagen met wisselende eigenschappen, en dat alleen lokaal bij de Maas (tussen Cuijk en Molenhoek), bij Roermond en een kleine zone bij Nijmegen sprake is van klei in de bovenste bodemlagen. Rond Venlo is op een wat grotere diepte sprake van diverse leem- en kleilagen, maar de invloed hiervan op de trillingen is door de grotere diepte beperkt. Generiek is sprake van een vrij uniforme bodem wat betreft trillingsuitdemping.

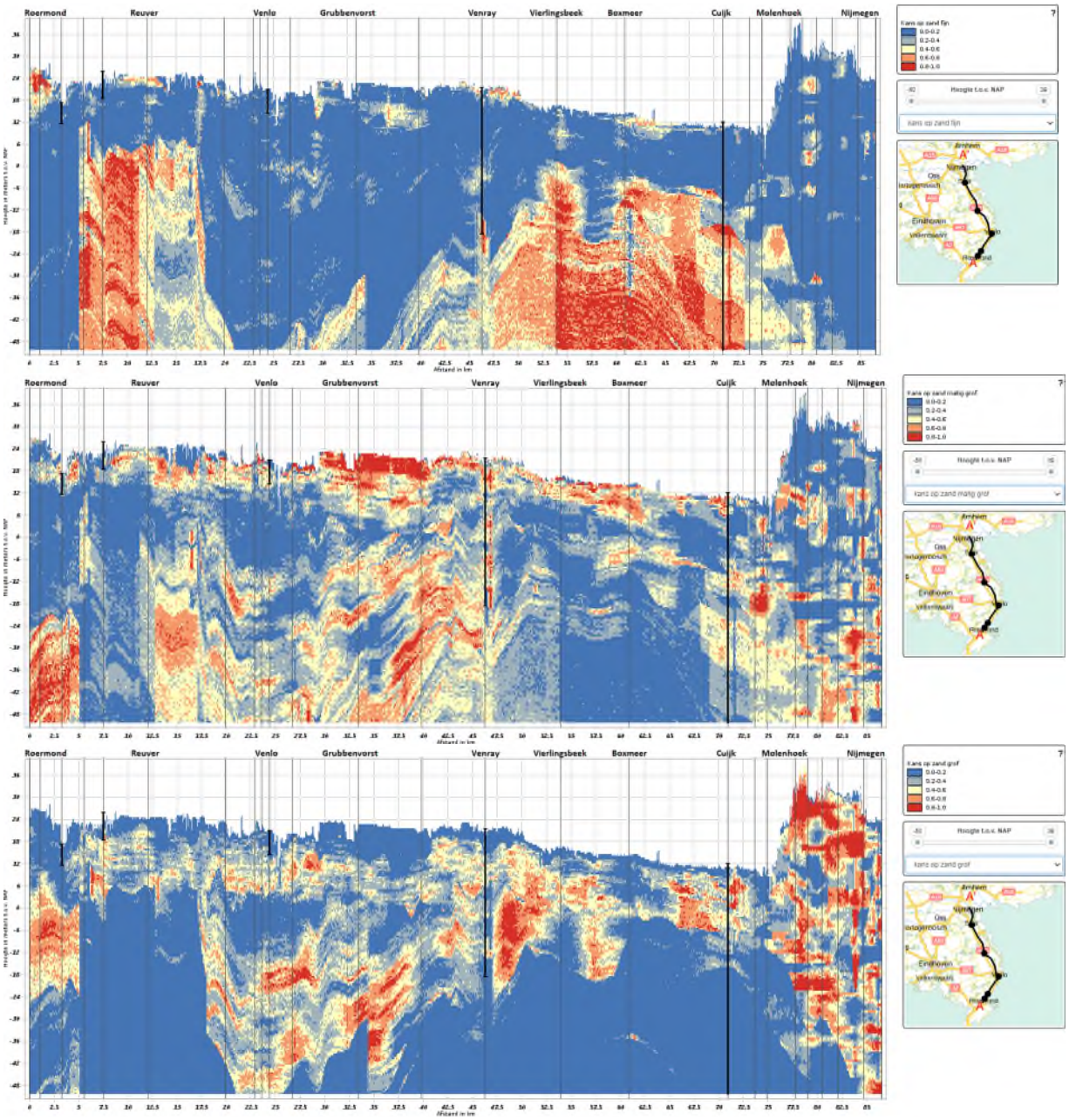


Figuur 12: Opbouw van de bodem over het onderzoeksgebied

De kans op het voorkomen van klei- en zandlagen is weergegeven in Figuur 13 resp. Figuur 14. Deze figuren onderstrepen het geschetste beeld in Figuur 12. Slechts zeer lokaal is sprake van slappere kleilagen in de toplaag van de bodem. Tussen Molenhoek en Nijmegen is op de stuwwal sprake van grover zand in de toplagen, terwijl rond Grubbenvorst ook een afwijkend deel is met een grote kans op matig grof zand. Qua trillingseigenschappen is er echter slechts beperkt verschil tussen deze zandige bodemtypes.



Figuur 13: Kans op voorkomen van (slappere) kleilagen



Figuur 14: Kans op voorkomen van fijne zandlagen (boven), matig grove zandlagen (midden) en grove zandlagen (onder)

Bijlage IV – Verwerkingsprocedure trillingsmetingen

In dit trillingsonderzoek zijn metingen uitgevoerd in woningen. Deze metingen zijn onbemand uitgevoerd met behulp van een meetcomputer die continu (gedurende minimaal een week) de trillingssignalen meet. Om een dataset met trillingen van treinverkeer te genereren wordt de volgende procedure doorlopen om te garanderen dat alle door treinen veroorzaakte trillingen in beschouwing worden genomen en dat niet-spoorgerelateerde trillingen buiten beschouwing worden gelaten:

1. Stap 1: met behulp van gegevens over de passagetijden[17] zijn de treinen gemarkeerd. De lijst met passagetijden is gebruikt om te verifiëren dat alle passerende treinen (ook in de nacht) daadwerkelijk zijn gemarkeerd: het aantal treinen in de database komt overeen met het aantal gemarkeerde treinen.
2. Stap 2: bij de meting wordt gebruik gemaakt van meerdere sensoren. Met behulp van spectraalanalyse[18] worden de trillingssignalen van beide sensoren op elkaar gedeeld. Hierdoor kunnen lokale fenomenen (bijvoorbeeld voetstappen in de ene ruimte) worden uitgefilterd.
3. Stap 3: de resulterende, opgeschoonde dataset wordt verwerkt conform de voorgeschreven verwerkingsprocedure om te komen tot een V_{max}. Deze naverwerkingsprocedure wordt hieronder toegelicht.

‘

De naverwerkingsprocedure zoals die is toegepast in dit trillingsonderzoek is gebaseerd op optie 1 uit het memo LA.131001a.M04 van Level Acoustics (versie van 13 april 2018), waarbij gedurende minimaal 7 x 24 uur op diverse meetpunten in een gebouw is gemeten en de trillingen van alle meetrichtingen zijn vastgelegd. Verder wordt per treinpassage het treintype vastgelegd (goederen of reizigerstreinen). Van elle treinpassages met een gemeten $V_{eff,max} \geq 0.05$ worden de berekende $V_{eff,max,j}$ ($V_{eff,max}$ per richting) en de berekende $V_{eff,max}$ vastgelegd gedurende ten minste 7x24 uur op alle meetpunten.

Omdat de metingen langs dit traject in het verleden al zijn uitgevoerd, op een moment dat deze naverwerkingsmethode nog niet bekend was, is afgeweken van de bepaling om per treintype 50 passages vast te leggen. Omdat er geen wijzigingen in type goederentreinen voorzien zijn, en de wijzigingen aan het goederenverkeer marginaal zijn (alleen een snelheidsverhoging van 90 naar 95 km/h), leidt dit niet tot een significante onzekerheid van de resultaten.

Vervolgens wordt de volgende naverwerkingsprocedure gestart, en worden per treintype de volgende stappen doorlopen:

1. Er wordt vastgesteld op grond van hoeveel meetdagen de verzameling $V_{eff,max,j}$-waarden tot stand is gekomen. Deze parameter wordt *#meetdagen* genoemd;
2. Alle treinpassages met een $V_{eff,max,j} \geq 0.02$ op de fundering worden geselecteerd. Indien geen funderingspunt is gekozen, dan wordt gekozen voor een meetpunt op de laagst beschikbare verdieping waarbij $V_{eff,max,j} \geq 0.05$;
3. Per meetpunt wordt het aantal treinen bepaald: *#treinen*
4. Van de berekende $V_{eff,max,j}$ wordt de natuurlijke logaritme genomen:

$$ln\left(V_{eff,max,j}\right)$$

5. Vervolgens wordt hierover het gemiddelde μ bepaald:

$$\mu = gemiddelde\{log\left(V_{eff,max,j}\right)\}$$

6. De betrouwbaarheidscoëfficiënt β wordt vastgesteld volgens de formule:

[17] Deze passagetijden zijn opgevraagd bij ProRail
[18] Spectraalanalyse is het onderzoeken van het frequentiespectrum van een trillingssignaal. Hierbij wordt naar de verschillende frequenties gekeken.

$$\beta = t^{-1}\left[1 - \frac{\left(\frac{\#meetdagen}{7}\right)}{\#treinen}; \#treinen - 1\right]$$

7. Vervolgens wordt $V_{max,BTS}$ per meetpunt en per meetrichting bepaald met de volgende formule:

$$V_{max,BTS} = e^{\mu + 0.3 \cdot \beta}$$

8. De reproduceerbaarheid R wordt per meetpunt en richting als volgt bepaald:

$$R = 100\% \cdot 0.3 \cdot \sqrt{\frac{4}{\#treinen} + 0.01}$$

9. De toetswaarde voor $V_{max,BTS}$ bedraagt dan:

$V_{max,Bts}$	als R ≤ 10%
$V_{max,Bts} \cdot \left(1 + \frac{R}{100\%}\right)$	als R > 10%

10. Te toename van $V_{max,BTS}$ is een verhouding tussen de plan- en referentiesituatie, de zogenaamde Q-waarde. Hiervoor wordt in de Bts een grenswaarde van 1.3 gehanteerd. Een waarde kleiner dan 1 duidt op een afname van de trillingen. Q wordt als volgt bepaald per meetpunt:

$$Q = \frac{V_{max,Bts,plansituatie}}{V_{max,Bts,referentiesituatie}}$$

Hierbij wordt de $V_{max,BTS}$ zonder eventuele correctiefactor gebruikt. De onzekerheid in de toename Q wordt bepaald volgens de formule:

$$R_Q = \sqrt{R^2_{referentiesituatie} + R^2_{plansituatie}}$$

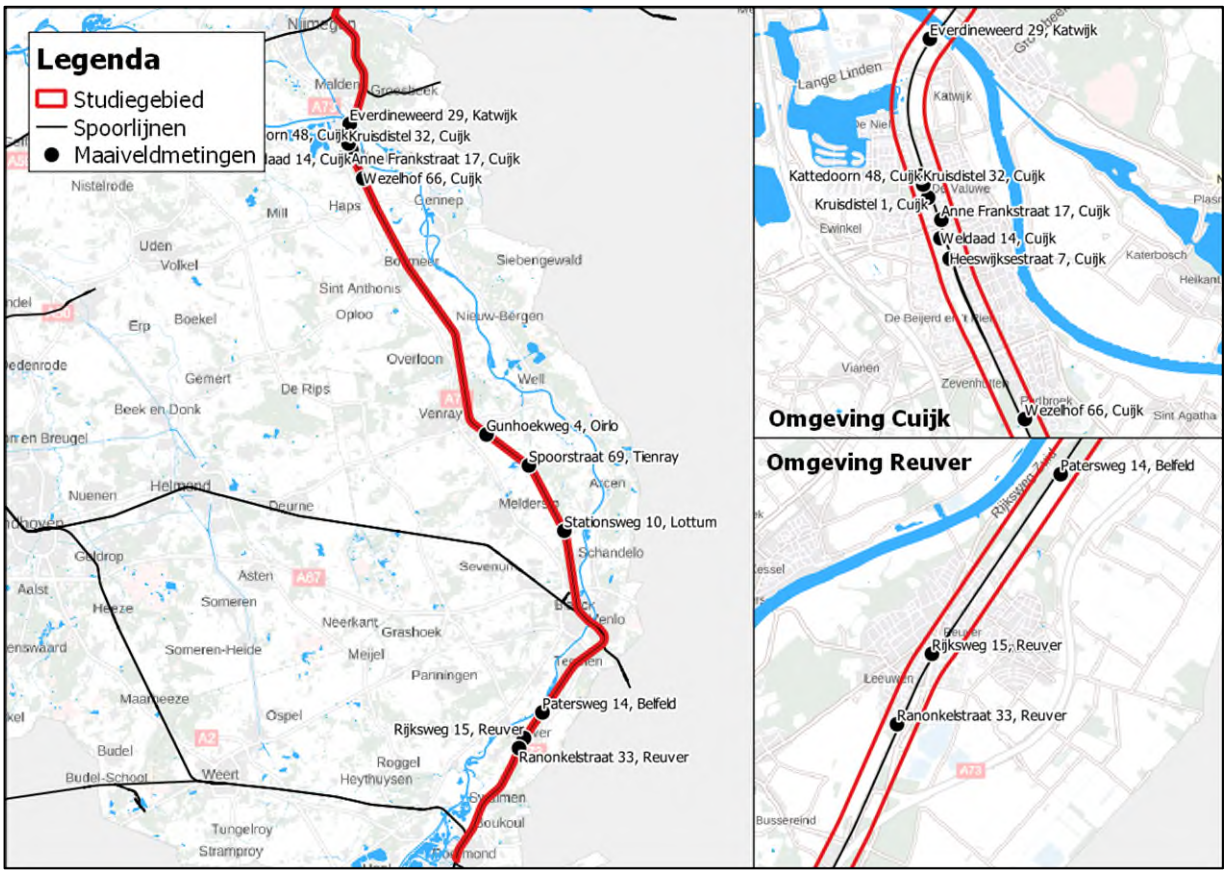
De waarde van Q wordt dan als volgt bepaald:

Q	als R_Q ≤ 14%
$Q \cdot \left(1 + \frac{R}{100\%}\right)$	als R_Q > 14%

Vervolgens wordt getoetst aan de Bts, waarbij de volgende parameters worden getoetst:
1. De $V_{max,Bts}$ in de plansituatie, per treintype
2. De V_{per} van alle treinen bij elkaar
3. De Q-waarde, bepaald door de hoogste $V_{max,Bts}$ in de plansituatie te delen door de $V_{max,Bts}$ van hetzelfde meetpunt in de referentie- of huidige situatie, eventueel gecorrigeerd voor de bijbehorende R_Q-waarde.

Bijlage V – Resultaten maaiveldmetingen (t.b.v. stap 1)

Voor het in dit rillingsonderzoek gebruikte nauwkeurige rekenmodel (zie Bijlage I) zijn maaiveldmetingen uitgevoerd aan de bodemopbouw en treinpassages op 14 locaties. De locaties van de uitgevoerde maaiveldmetingen zijn weergegeven in Figuur 15. Bij de metingen is gebruik gemaakt van een aantal sensoren op 20 en 40 meter afstand van het spoor. Door per treinpassage het tertsbandspectrum van de trillingen te registreren, is per locatie een gemiddeld tertsbandspectrum van de passerende treinen vastgesteld.



Figuur 15: Locaties maaiveldmetingen

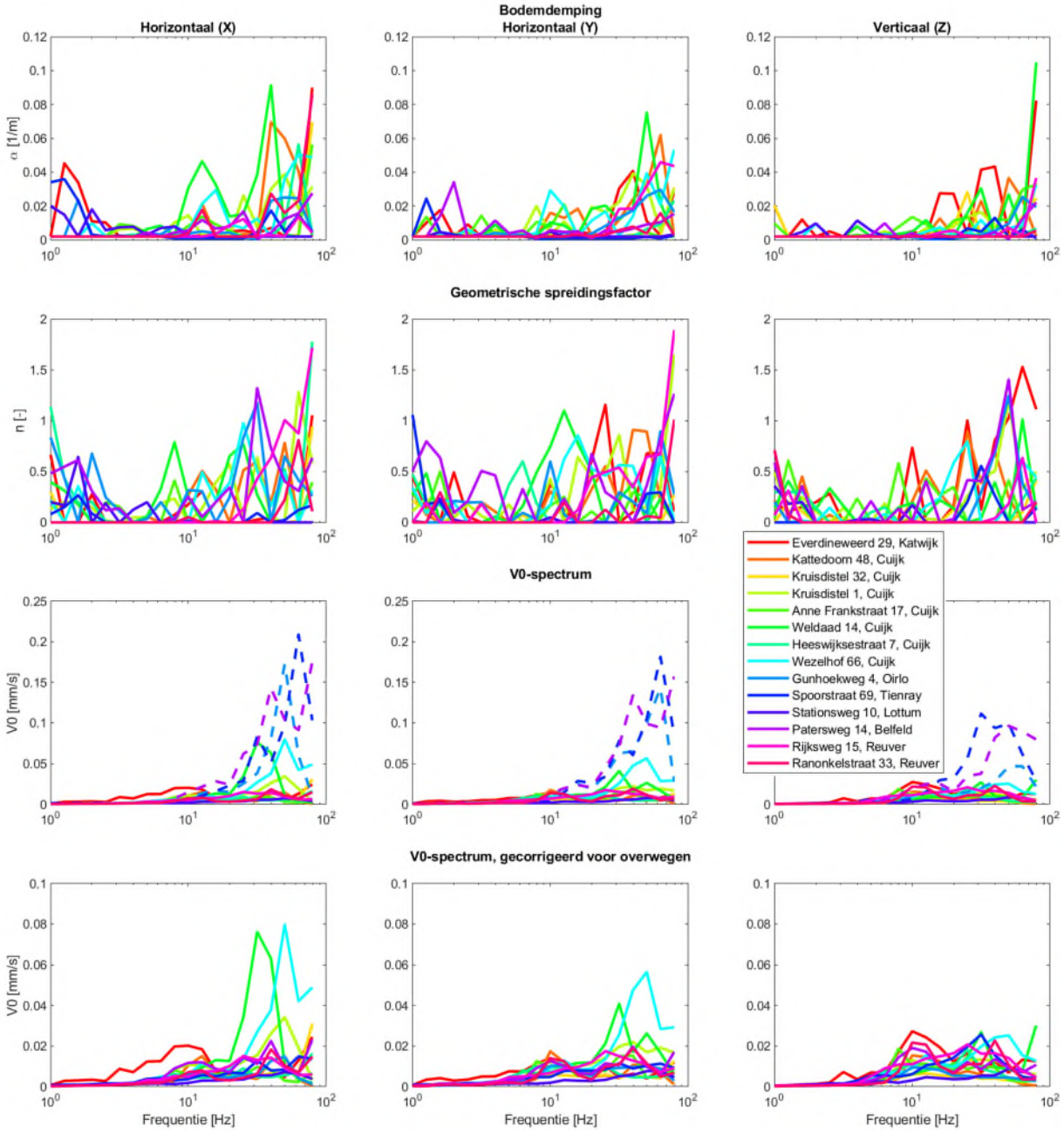
Door de trillingssignalen als functie van de tijd te transformeren naar het frequentie-domein (Fourier-transformatie) kan voor elke afstand tot de trillingsbron een tertsbandspectrum worden gegenereerd. Vervolgens kan met behulp van de zogenaamde Barkanvergelijking de trillingssterkte op een willekeurige afstand tot het spoor worden bepaald. De gebruikte Barkanvergelijking luidt:

$$V(r,f) = V(r_0,f)\frac{r_0}{r}^{n(f)} e^{-\alpha(f)(r-r_0)}$$

Hierin is $V(r,f)$ de trillingssterkte op een willekeurige afstand r tot de trillingsbron, r_0 een referentieafstand, n een frequentieafhankelijke factor die de geometrische uitbreiding van de trillingen beschrijft en α een frequentieafhankelijke factor die de bodemdemping beschrijft. Met behulp van de kleinste-kwadratenmethode is deze relatie voor elke frequentie in het tertsbandspectrum te bepalen.

Resultaat van de maaiveldmetingen is per locatie een dempingsconstante, een geometrische uitbreidingsfactor en een trillingsspectrum op verschillende afstanden tot het spoor.

De trillingsspectra, geometrische spreiding en bodemdemping voor alle meetlocaties zijn weergegeven in Figuur 16. In deze figuur is zichtbaar dat met name rond Cuijk nog wat variatie optreedt in de bodemdemping (o.a. door de kleilagen bij de Maasoever), maar dat de variatie in bodemdemping verder beperkt is. Bij de trillingsspectra (onderste rij in Figuur 16) is zichtbaar dat in Cuijk bij 2 locaties hoogfrequent afwijkende trillingsspectra zijn gemeten in horizontale richting. Mogelijk komt dit door een lokale afwijking in het spoor. Hier is ook te zien dat de locatie in Katwijk hogere trillingen geeft bij lage frequenties, een indicatie van een slappere bodem.

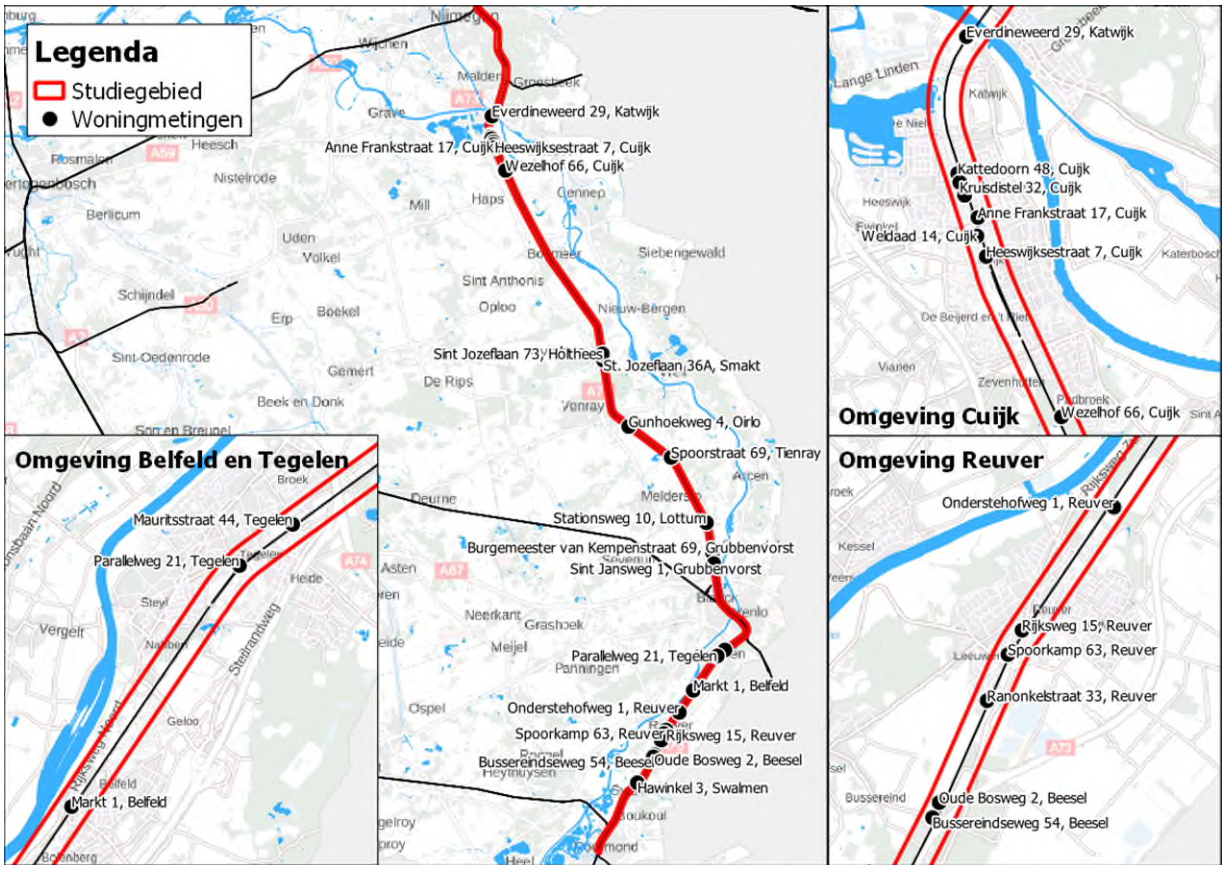


Figuur 16: Bodemdemping (boven), geometrische spreiding (2e rij) en trillingsspectrum op 20 meter afstand (3e rij) en trillingsspectrum op 20 meter afstand, gecorrigeerd voor overwegen (onder) voor alle locaties

Op basis van de resultaten van de maaiveldmetingen en de grondopbouw (zie Bijlage III) is een bodemmodel gemaakt dat zo nauwkeurig mogelijk de trillingen en de uitdemping als functie van de afstand beschrijft langs het gehele traject van de Maaslijn.

Bijlage VI – Resultaten metingen in woningen (t.b.v. stap 2)

In de tweede stap van het trillingsonderzoek zijn trillingsmetingen uitgevoerd in 25 gebouwen waar op basis van Vibra*Dyna*-berekeningen uit stap 1 van het onderzoek (mogelijk) niet wordt voldaan aan de Bts. De locaties van de metingen zijn weergegeven in Figuur 17. De locaties zijn gekozen op basis van onder meer variaties in gebouwtype, bodemopbouw, type constructie en verwachte trillingsniveaus.



Figuur 17: Uitgevoerde metingen in gebouwen, de nummers corresponderen met de paragraafnummers in Bijlage VII

VI.1 Onderzoeksaanpak

In dit onderzoek is de volgende onderzoeksaanpak gehanteerd:

1. Er is een trillingsmeting uitgevoerd in representatieve gebouwen op locaties waar op basis van de Vibra*Dyna*-berekening een overschrijding van het beoordelingskader wordt verwacht. De meetlocaties zijn geselecteerd op basis van ligging ten opzichte van het spoor, gebouwkenmerken en de afstand tot wissels en andere trillingsbronnen in de spoorbaan. De metingen hebben een meetduur van een week, om voldoende trillingen van goederentreinen te registreren. Van elke meetlocatie zijn alle meetwaarden (zowel treinen als andere trillingsbronnen) geregistreerd.
2. Voor alle locaties is een berekening voor de plansituatie gemaakt aan de hand van de resultaten van de meting. Per trein is een berekening gemaakt van de trillingssterkte in de plansituatie, aan de hand van de sporenlay-out in de referentiesituatie, de treinsnelheden, de taludgeometrie en de baanopbouw. Alle factoren met frequentieafhankelijkheid worden hierin frequentieafhankelijk verrekend.
3. De resultaten van de prognose worden beoordeeld op de streef- en grenswaarden, die volgen uit de referentiesituatie (conform de Bts).

Het prognosemodel is beschreven in de volgende paragraaf.

VI.2 Prognosemodel

De trillingssterkte op een bepaalde positie wordt bepaald door een groot aantal factoren. In het rekenmodel worden de volgende parameters onderscheiden:

- De treinsnelheid. De trillingssterkte schaalt als een machtsfunctie met de treinsnelheid.
- Invloed van wissels. De invloed van wissels neemt af met de afstand tot de wissels.
- Invloed van treintype. Het GTW-materieel (diesel) wordt vervangen door FLIRT-materieel (elektrisch)
- Invloed van overwegen. Rond overwegen is vaak sprake van een slechtere spoorligging, wat tot hogere trillingen leidt (met name bij hogere frequenties). De invloed hiervan neemt af met de afstand tot de overweg.
- Wijzigingen in spoorligging (sporen komen verder weg of dichterbij te liggen).

Overige factoren, zoals de overdracht in de woning tussen fundering en vloerniveau wijzigen niet bij dit project. De invloed hiervan is daarom niet meegenomen.

In het prognosemodel worden alle wijzigingen relatief (d.w.z. ten opzichte van de metingen) beschouwd, hierdoor is de betrouwbaarheid van de berekeningen groot. Alle wijzigingen worden als toeslagfactor ten opzichte van de gemeten waarde toegepast.

De invloed van de wijzigingen is onderzocht met behulp van metingen op andere locaties. Toeslagfactoren voor de uitdemping van de bodem zijn locatiespecifiek (zie Bijlage V), alle overige factoren zijn universeel toepasbaar. In de volgende subparagrafen wordt de invloed van de factoren nader toegelicht.

VI.2.1 Invloed snelheid

Door wijzigingen in seinplaatsing en posities van wissels veranderen de snelheidsprofielen van de treinen. Om de invloed van de snelheid op de trillingssterkte vast te stellen is gebruik gemaakt van metingen op meerdere locaties in Nederland. De relatie tussen snelheid en trillingssterkte kent een machtsverband tot snelheden rond de kritische treinsnelheid. De kritische treinsnelheid is afhankelijk van de bodem, maar ligt bij de Maaslijn ruim boven de rijsnelheden van de treinen.

Om een betrouwbare snelheidsrelatie vast te stellen is een aantal onderzoeken geraadpleegd waarbij metingen zijn verricht aan treinen met voldoende spreiding in de rijsnelheid. De volgende onderzoeken zijn bruikbaar om een snelheidsrelatie vast te stellen voor een aantal treintypes:

[1] *Landelijk onderzoek gedifferentieerd rijden (TN 105394), Onderzoek effect rijsnelheid goederentreinen op trillingsopwekking in de bodem*, DGMR, 15 december 2017

[2] *Trillingsonderzoek OTB Zwolle-Herfte*, Movares, 4 december 2015

[3] *Metingen langs de Maaslijn in Cuijk en in Reuver*, DPA, 2016

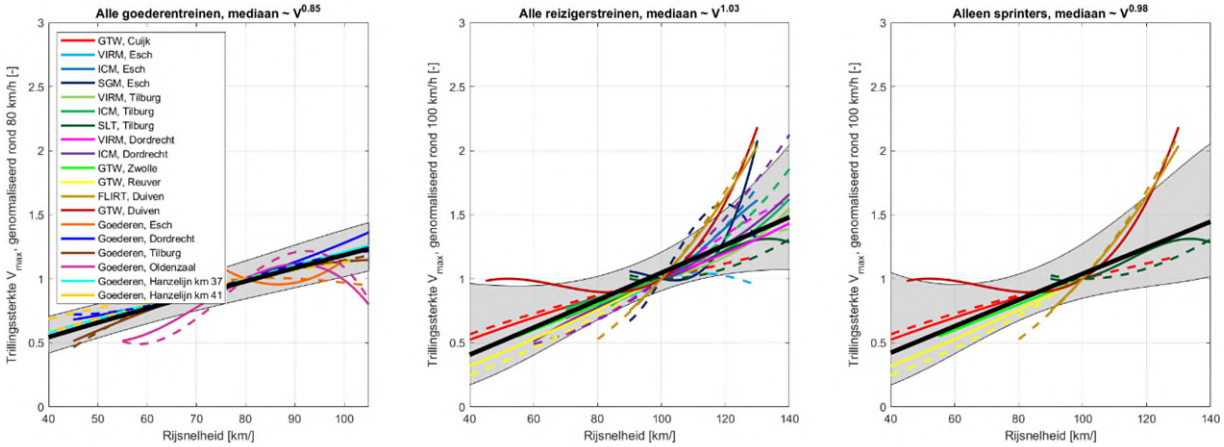
[4] *Metingen langs de Hanzelijn*, Movares, mei en juni 2012

[5] *Metingen in Duiven,* Movares, augustus 2020

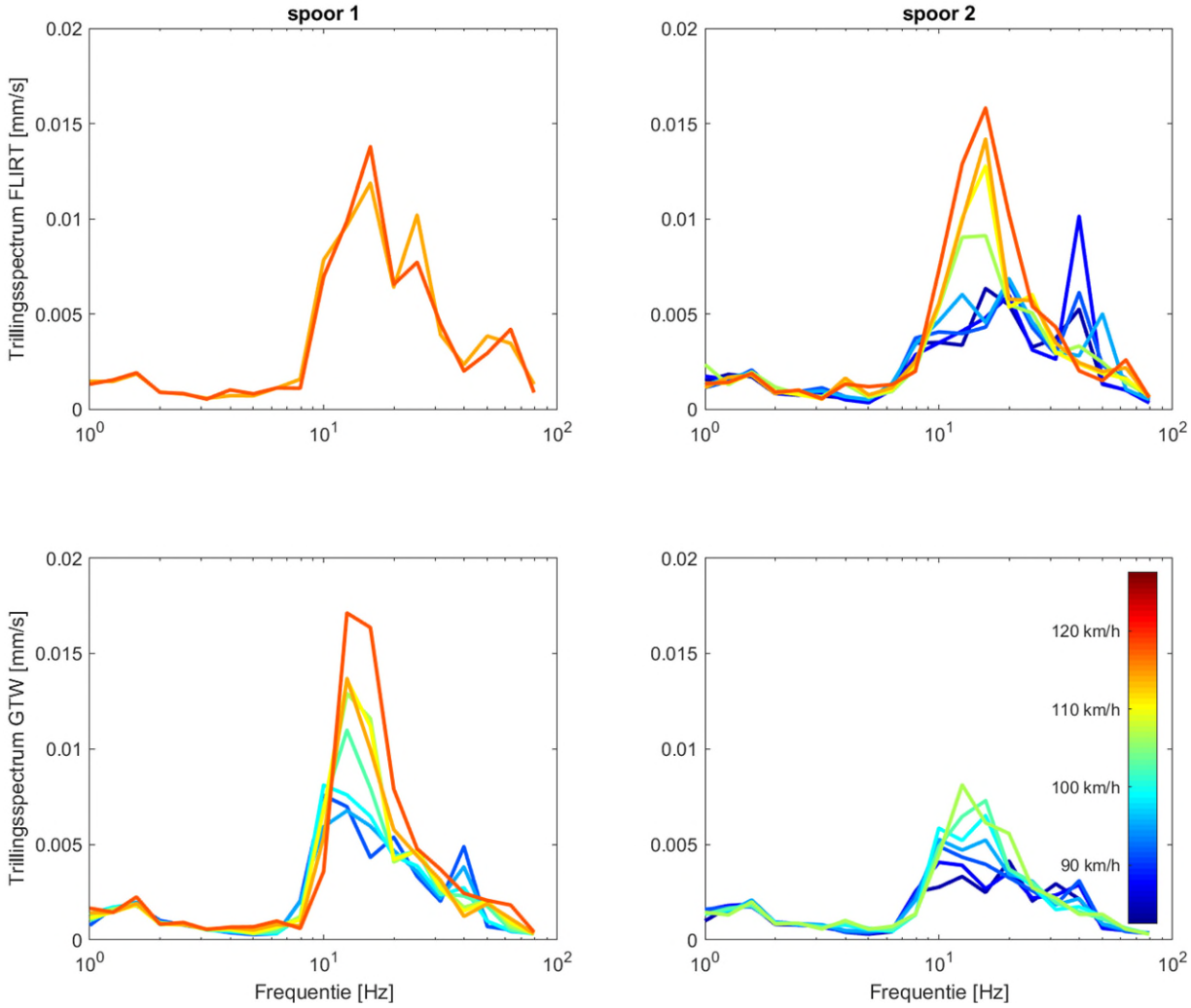
De in de onderzoeken gebruikte snelheidsrelaties zijn weergegeven in Figuur 18, waarbij deze voor goederen treinen zijn genormaliseerd rond 80 km/h (rond die snelheid is de betrouwbaarheid van de data het grootst), en voor de overige treinen rond 100 km/h. Vervolgens is een machtsfunctie door de resultaten gefit, deze is voor alle treintypes ongeveer recht evenredig (~V^1) met de rijsnelheid in km/h. De in Figuur 18 weergegeven snelheidsrelaties zijn gebruikt in dit onderzoek. In deze figuur is zichtbaar op locaties waar zowel het huidige (GTW) als het toekomstige (FLIRT) materieel is gemeten, dat beide treintypes een vergelijkbare relatie kennen tussen de trillingen en de rijsnelheid.

Tenslotte is bij meting [5] ook gekeken naar de invloed van de snelheid op de trillingsfrequenties. Hiervoor zijn de treinen in snelheidsklasses ingedeeld voor beide sporen, zie Figuur 19. In deze figuur is voor de GTW's op spoor 1 zichtbaar dat bij toenemende rijsnelheid de piek van het trillingsspectrum wat naar hogere frequenties

verschuift, en dat de piek daarnaast toeneemt. Bij de FLIRT's op spoor 2 is eenzelfde effect te zien. Doordat er slechts beperkt sprake is van verschuiving van de frequenties, is een scalaire snelheidsrelatie (zoals in Figuur 18), een voldoende betrouwbare methode om de invloed van een snelheidsverhoging vast te stellen.



Figuur 18: Snelheidsrelaties



Figuur 19: Trillingsspectrum en rijsnelheid in Duiven (meting [5])

VI.2.1 Invloed wissels en overwegen

De invloed van wissels is in kaart gebracht door op een groot aantal locaties waar wissels in de nabijheid liggen, de gemeten resultaten van sporen zonder wissels te vergelijken met de resultaten van sporen met wissels. Zodoende kan de invloed van wissels worden gemodelleerd als toeslag op het trillingssignaal van een doorgaande trein. Voor overwegen is een identieke aanpak gebruikt, hiervoor is ook gebruik gemaakt van een aantal maaiveldmetingen die in het kader van dit project zijn uitgevoerd in de nabijheid van overwegen. Met name bij hogere frequenties zorgen wissels en overwegen voor een toename van de trillingen.

VI.2.2 Invloed spoorafstand

De overdracht van trillingen door de bodem kan worden beschreven met behulp van de Barkanvergelijking. De Barkanvergelijking wordt in het prognosemodel alleen gebruikt om relatieve veranderingen van sporen en wissels te beschrijven. Omdat het op de meeste locaties om kleine veranderingen gaat, heeft de Barkanvergelijking en de nauwkeurigheid van de parameters daarin slechts een beperkte invloed op het eindresultaat. De parameters in de Barkanvergelijking zijn bepaald uit metingen aan treinpassages op maaiveldniveau. Meer gedetailleerde informatie over de gebruikte bodemparameters is opgenomen in Bijlage V.

VI.2.4 Invloed wijziging in treintypes

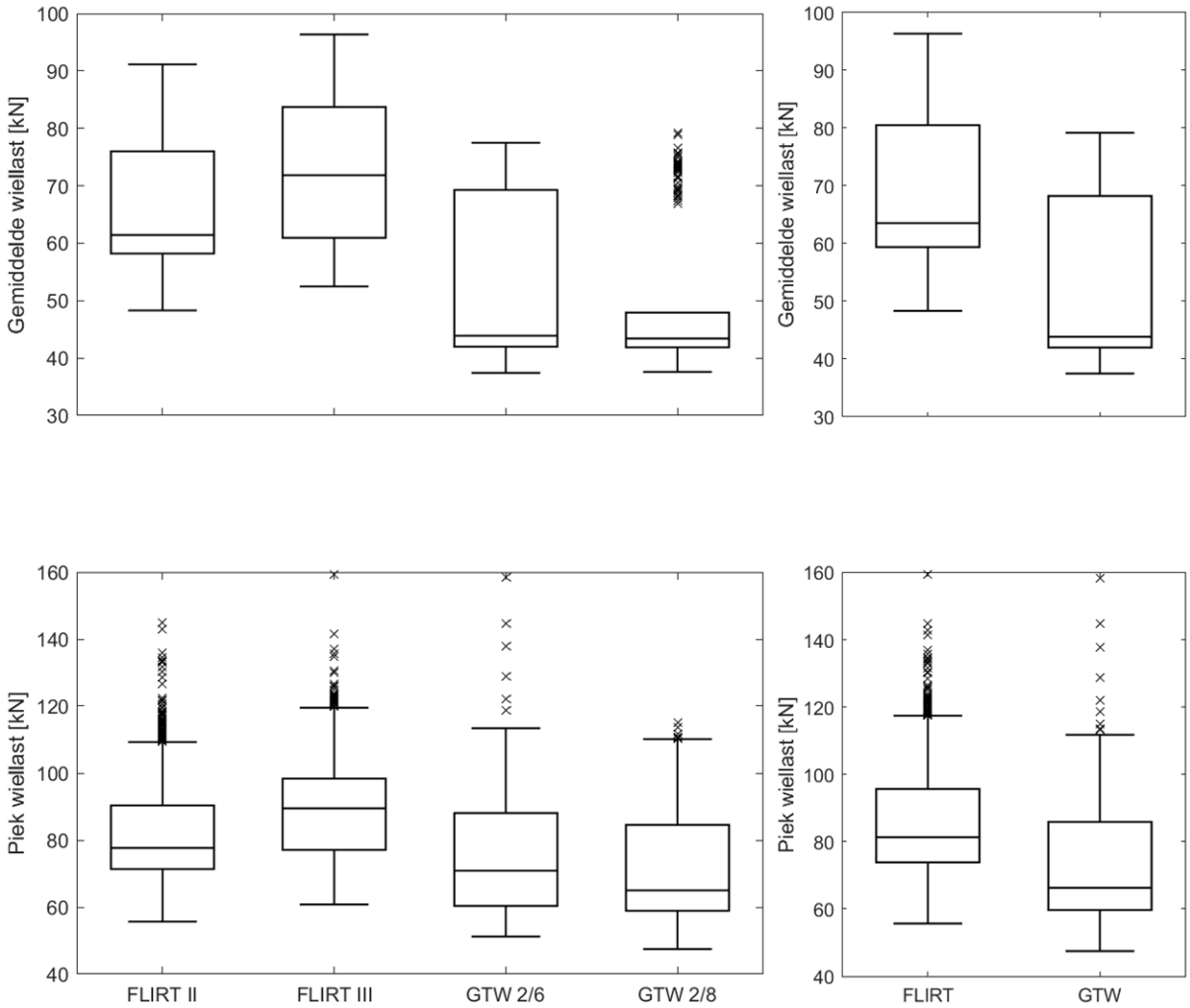
Het spoortraject zal geëlektrificeerd worden. Dit betekent dat het diesel aangedreven reizigersmaterieel (type GTW 2/6 en GTW 2/8 van Stadler) vervangen zal worden door elektrisch aangedreven materieel (type FLIRT III van Stadler). Om de invloed van het treintype op de trillingssterkte vast te stellen zijn drie analyses uitgevoerd:

1. Een vergelijking van de voor trillingen maatgevende treinparameters op een QuoVadis-station waar beide treintypes rijden (punten 373 en 374 boven Maastricht)
2. Een vergelijking van de trillingen tussen beide treintypes en een referentietreintype (in dit geval de ICM) op locaties waar beide types rijden en de bodem vergelijkbaar is met de bodem bij de Maaslijn. Het betreft locaties ten oosten van Zwolle en bij Dorst.
3. Een vergelijking van de trillingen tussen beide treintypes op een locatie waar beide treintypes rijden en een bodem die vergelijkbaar is met de bodem bij de Maaslijn. Het betreft een meetlocatie in Duiven, tussen Arnhem en Zevenaar.

Voor de QuoVadis-stations 373 en 374 zijn de gemiddelde statische aslast (in kN) en de dynamische piek aslast (ook in kN) geanalyseerd over een periode van twee maanden. Er bestaat geen directe relatie tussen de aslast en de trillingsemissie van de trein omdat het om een combinatie gaat van aanstootkracht, rijsnelheid, vlakheid van het spoor, onderbouw en bodem die het uiteindelijke trillingsniveau bepalen. De statische en dynamische aslast zijn echter wel een indicator voor een verschil in trillingsniveau. Een grote toename in aslast is een indicatie dat het betreffende materieel in potentie hogere trillingsniveaus kan veroorzaken.

Boxplots voor beide treintypes zijn weergegeven in Figuur 20. Hierbij is de FLIRT opgesplitst in type II (2) en III (3), waarbij de laatste een vernieuwde versie is met betere botsveiligheid, en GTW opgesplitst in een type 2/6 en het langere type 2/8. In deze figuur valt het volgende op:

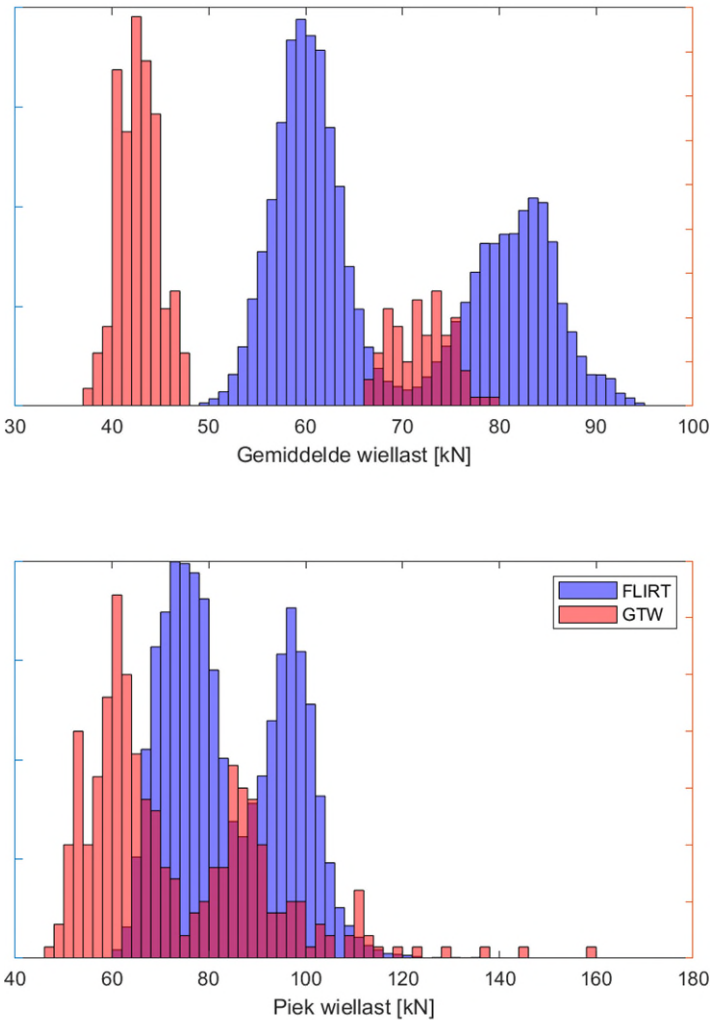
1. De FLIRT III heeft gemiddeld een ca. 15 procent hogere statische aslast dan de FLIRT II, en zelfs ca. 65 procent hoger dan beide GTW-types. De FLIRT II heeft een ca. 45 procent hogere statische aslast dan de GTW-types. De maximale statische aslast voor de FLIRT-treinen is ruim 20 procent hoger dan bij de GTW's.
2. De gemiddelde pieklast is bij de FLIRT's 10 tot 30 procent hoger dan bij de GTW's, terwijl de maximale pieklast tussen beide treintypes vergelijkbaar is.



Figuur 20: Boxplots met statische (boven) en dynamische aslast (onder) voor FLIRT II, FLIRT III, GTW 2/6 en GTW 2/8 (links) en rechts FLIRT's en GTW's samengevoegd

Samenvattend kan uit de QuoVadis-data worden geconcludeerd dat de GTW's statistisch significant lagere gemiddelde wiellasten hebben dan de FLIRT's, terwijl de piek wiellasten van de GTW's niet-significant lager zijn dan die van de FLIRT's. Dit is ook duidelijk zichtbaar in de histogrammen in Figuur 21.

Hierbij geldt dat de gemiddelde wiellasten vooral voor lagere trillingsfrequenties maatgevend zijn, terwijl de piek wiellasten vooral voor de hogere trillingsfrequenties maatgevend zijn. Daarom kan, op basis van de QuoVadis-data worden geconcludeerd dat bij lage frequenties er een significant verschil zal zijn in trillingssterkte (FLIRT's geven hogere trillingen), terwijl er bij hogere frequenties een niet-significant verschil zal zijn (FLIRT's geven gemiddeld hogere trillingen, maar maxima zullen niet veel verschillen).

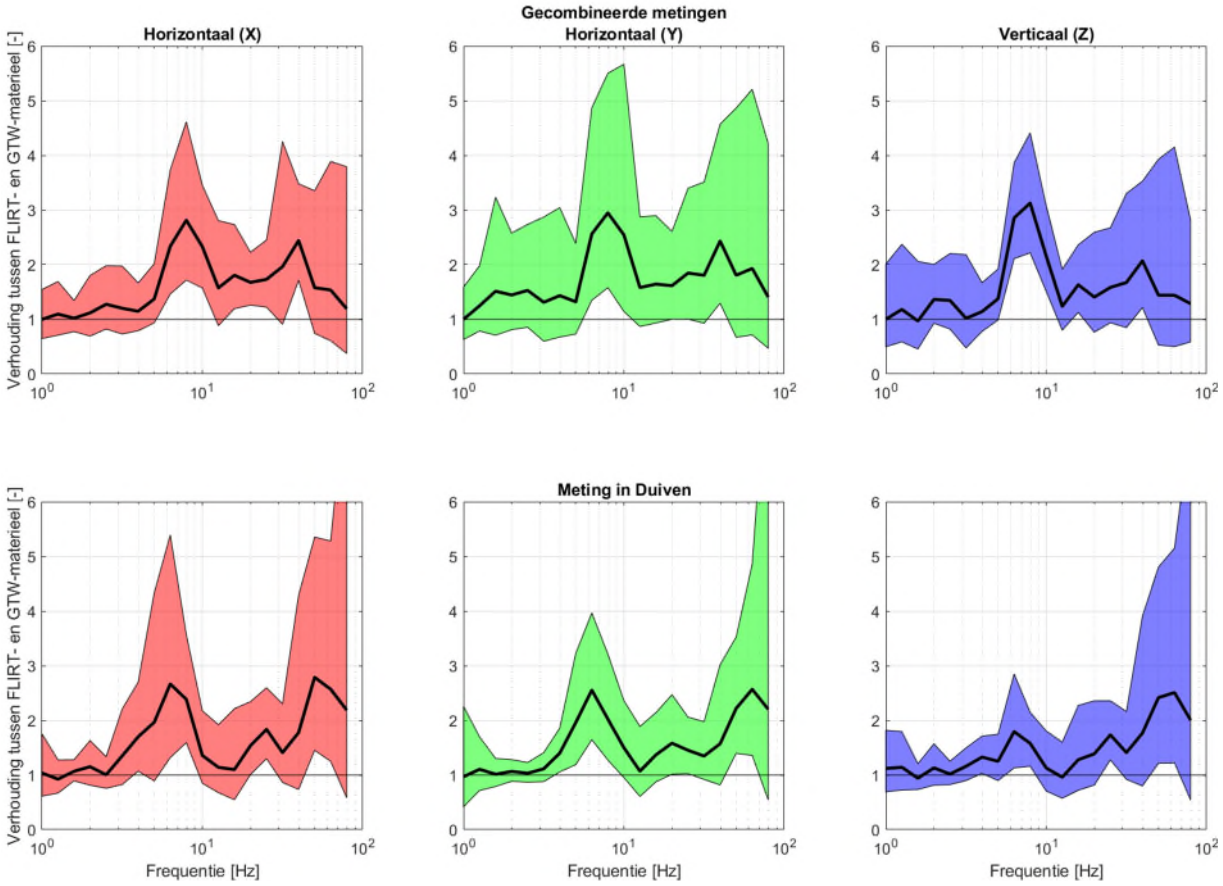


Figuur 21: Histogrammen met verdelingen van gemiddelde (boven) en piek wiellasten (onder)

Vervolgens is ook gekeken naar metingen op locaties waar zowel treinen van het type GTW respectievelijk FLIRT reden als treinen van een ander type (in dit geval ICM), op een vergelijkbare bodem als de Maaslijn, en naar een locatie waar beide treintypes op dezelfde sporen reden (Duiven). Door de trillingsspectra (bij een rijsnelheid van 100 tot 130 km/h) op elkaar te delen ontstaat een indicatie van de verhouding tussen de trillingen van beide treintypes bij die snelheid, zie Figuur 22.

Figuur 22 onderstreept de resultaten uit de QuoVadis-analyse: bij lage frequenties (tussen de 5 en 10 Hz) zijn de trillingen van de FLIRT's een factor 1 tot 3 hoger (in verticale richting, is meestal maatgevend voor de trillingen) dan de trillingen van de GTW's. Bij frequenties boven de 10 Hz zijn de trillingen gemiddeld ca. 50% hoger bij FLIRT's dan bij GTW's. Er is echter wel een relatief grote spreiding (een deel van de FLIRT's geeft bij deze frequenties lagere trillingen dan een deel van de GTW's). Dat onderschrijft de resultaten uit de QuoVadis-stations t.a.v. de piek wiellasten, waar ook een niet-significant verschil tussen beide treintypes is gevonden.
Verder valt op dat de spreiding kleiner is bij de meting waar beide treintypes op dezelfde locatie zijn gemeten, op die locatie kan de verhouding tussen beide treintypes dan ook betrouwbaarder worden vastgesteld. Bij de meting in Duiven [5] is ook geverifieerd of de gevonden relatie nog sterk wijzigt met de snelheid, maar dat blijkt niet het geval te zijn. Er is slechts een beperkte, niet-significante invloed van de rijsnelheid op deze verhouding gevonden. Deze niet-significante invloed is meegenomen in de onzekerheidsmarge zoals getoond in Figuur 22.

Gezien bovenstaande resultaten wordt in het voorliggende onderzoek gecorrigeerd voor de hogere gemiddelde en dynamische pieklasten van de FLIRT-treinen (t.o.v. de GTW-treinen). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de mediane waarden uit Figuur 22 (zwarte lijnen, meting in Duiven (onderste rij in de grafiek)).



Figuur 22: Verhouding tussen FLIRT en GTW-materieel (boven de 1 is toename, onder de 1 afname trillingen). Boven op basis van een vergelijking van metingen op verschillende locaties, onder op basis van de meting in Duiven [5], waar beide treintypes op dezelfde locatie zijn gemeten

Tenslotte is, voor de locaties op de noordelijke Maaslijn, nog gebruik gemaakt van een langeduurmeting (meetduur van ca. 3 maanden) in Cuijk (Hapseweg), om de trillingssterkte van goederentreinen betrouwbaarder vast te stellen. Tijdens de weekmetingen passeerden vaak maar enkele goederentreinen, waardoor de trillingssterkte van deze goederentreinen minder betrouwbaar was. Door de datasets van de noordelijke Maaslijn aan te vullen vanuit de meting in Cuijk zijn de trillingen van de goederentreinen betrouwbaarder vast te stellen. Bij het aanvullen is als volgt te werk gegaan: van treinen die op de locatie van de langeduurmeting en de overige locaties langs de noordelijke Maaslijn zijn gemeten, is het trillingsspectrum vastgesteld. De verhouding van dit spectrum tussen beide locaties geeft inzicht in verschillen tussen beide locaties (in bijv. spoorconstructie, bodemeigenschappen, rijsnelheid en gebouweigenschappen). Door de trillingsspectra van de goederentreinen in de langeduurmeting te corrigeren met deze verhouding, kan de trillingssterkte van deze (op de ovierge locaties dus niet gemeten) goederentreinen op die overige locaties worden vastgesteld. Omdat de Bts-methode gebaseerd is op een nauwkeurige bepaling van de gemiddelde trillingssterkte (met daar overheen een vaste onzekerheidswaarde), is dit een betrouwbare methode om de trillingssterkte van de goederentreinen nauwkeuriger te bepalen.

VI.2.5 Invloed wijziging in treinintensiteit

In het prognosemodel wordt voor elke trein de trillingssterkte in de plansituatie bepaald op basis van het trillingssignaal uit de metingen. Als gevolg van deze aanpak wordt er niet gecorrigeerd voor aanpassingen in het

aantal passerende treinen. De berekende waarde van V_{per} uit de prognose dient daarom nog te worden gecorrigeerd voor wijzigingen in treinintensiteit. Een verhoging van de treinintensiteit leidt tot een hogere waarde van de trillingsintensiteit V_{per}. De nieuwe waarde van V_{per} kan worden berekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$V_{per,nieuw} = V_{per,nieuw,ongecorrigeerd} \cdot \sqrt{\frac{n_{nieuw}}{n_{oud}}}$$

Hierbij is n de treinintensiteit in treinen per periode (dag, avond, nacht). $V_{per,nieuw,ongecorrigeerd}$ is de trillingsintensiteit zoals deze volgt uit de prognoses, deze waarde is nog niet gecorrigeerd voor wijzigingen in aantal treinen.

VI.2.6 Bepaling gewijzigde trillingssterkte

Met behulp van de verschillende toeslagfactoren is de trillingssterkte per trein in de verschillende situaties bepaald vanuit de metingen.

VI.3 Resultaten

De resultaten van de metingen, inclusief berekeningen voor de plansituatie, zijn weergegeven in Tabel 17. De verwerkingsprocedure van de metingen is opgenomen in Bijlage IV. De berekeningen hebben plaatsgevonden vanuit de metingen die zijn uitgevoerd in 2016, zie Bijlage VII voor meer details. Per meetlocatie zijn achtereenvolgens weergegeven:

- de gemeten trillingssterkte V_{max} in de huidige situatie, dit is de V_{max} voor het maatgevende treintype in de huidige situatie (goederen- of reizigerstreinen), eventueel gecorrigeerd voor de R-waarde[19].
- de berekende trillingssterkte V_{max} voor de plansituatie, dit is de V_{max} voor het maatgevende treintype in de plansituatie (goederen- of reizigerstreinen), eventueel gecorrigeerd voor de R-waarde.
- de verhouding tussen de trillingssterkte V_{max} in de varianten en de referentiesituatie (Q), eventueel gecorrigeerd voor een hoge R_Q-waarde, zie Bijlage IV. De streefwaarde voor deze Q-waarde is 1.3.
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de referentiesituatie (ref).
- de maximale waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de plansituatie (plan).

Zowel voor V_{max} als voor V_{per} is de maximale waarde over alle sensoren weergegeven. Overschrijdingen van de streef- of grenswaarden uit de Bts zijn oranje gearceerd.

Tabel 17: Resultaten metingen in gebouwen

		Trillingssterkte V_{max}			Trillingsintensiteit V_{per}	
Meetlocatie	Bestemming	best.	plan	Q	best.	plan
Everdineweerd 29, Katwijk	Wonen	0.60	1.13	2.1	0.05	0.11
Kattedoorn 48, Cuijk	Wonen	0.15	0.20	1.5	0.00	0.01
Kruisdistel 32, Cuijk	Wonen	0.13	0.16	1.5	0.00	0.00
Kruisdistel 1, Cuijk	Wonen	0.31	0.37	1.4	0.01	0.03
Anne Frankstraat 17, Cuijk	Wonen	0.34	0.34	1.2	0.01	0.02
Weldaad 14, Cuijk	Wonen	0.19	0.21	1.3	0.00	0.01
Heeswijksestraat 7, Cuijk	Wonen	0.44	0.81	2.0	0.03	0.07
Wezelhof 66, Cuijk	Wonen	0.24	0.28	1.7	0.01	0.02
St Jozeflaan 73, Holthees	Wonen	0.51	0.48	0.9	0.02	0.04

[19] Deze reproduceerbaarheidswaarde (in procenten) geeft aan of de datasets van de metingen en prognoses voor de verschillende situaties voldoende reproduceerbaar zijn. Conform het memo van Level Acoustics[19] wordt gestreefd naar een R-waarde die niet groter is dan 10 procent. Bij de grenswaarde $A2$ in de Bts van 0.4 is de onzekerheid dan in de orde van de afrondingsfout. Voor het, door middel van een voor- en nameting, toetsen of er sprake is van een toename van meer dan 30 procent, is het ook van belang dat de onzekerheid in beide metingen niet te groot is.
Voor de locaties langs de noordelijke Maaslijn is, vanwege het beperkte aantal goederentreinen, gebruik gemaakt van een meting aan de Hapsebaan in Cuijk (meting van ca. 3 maanden) om de trillingssterkte van de goederentreinen betrouwbaarder en stabieler vast te stellen.

Meetlocatie	Bestemming	Trillingssterkte V_{max}			Trillingsintensiteit V_{per}	
		best.	plan	Q	best.	plan
St Jozeflaan 36A, Smakt	Wonen	0.25	0.24	1.1	0.01	0.01
Gunhoekweg 4, Oirlo	Wonen	0.17	0.25	1.6	0.00	0.01
Spoorstraat 69, Tienray	Wonen	0.61	0.99	1.8	0.03	0.07
Stationsweg 10, Lottum	Wonen	0.38	0.54	1.6	0.02	0.03
Burg. van Kempenstraat 69, Grubbenvorst	Wonen	0.70	0.78	1.3	0.04	0.05
St Jansweg 1, Grubbenvorst	Wonen	1.54	1.81	1.2	0.06	0.09
Mauritsstraat 44, Tegelen	Wonen	0.29	0.41	1.4	0.02	0.03
Parallelweg 21, Tegelen	Wonen	0.56	0.71	1.3	0.04	0.06
Markt 1, Belfeld	Wonen	0.77	0.81	1.1	0.05	0.07
Onderstehofweg 1, Reuver	Wonen	0.97	1.02	1.0	0.04	0.05
Rijksweg 15, Reuver	Wonen	0.46	0.46	1.2	0.02	0.02
Spoorkamp 63, Reuver	Wonen	0.37	0.37	1.0	0.01	0.02
Ranonkelstraat 33, Reuver	Wonen	0.25	0.25	1.0	0.01	0.01
Oude Bosweg 2, Beesel	Wonen	0.44	0.58	1.6	0.02	0.03
Bussereindseweg 54, Beesel	Wonen	0.56	0.76	1.4	0.04	0.06
Hawinkel 3, Swalmen	Wonen	0.63	0.63	1.2	0.02	0.04

Om te bepalen of in overige gebouwen overschrijdingen van het beoordelingskader kunnen optreden, zijn de modelresultaten van de modelberekening met Vibra*Dyna* gecorrigeerd aan de hand van de meet- en rekenresultaten voor de gebouwen. Hiermee is een nauwkeurige predictie voor alle gebouwen opgesteld, deze is getoetst aan de Bts. De resultaten zijn opgenomen in Bijlage VIII.

In de berekeningen en afweging is voor de nog niet gerealiseerde panden uitgegaan van een ‘goede bouwwijze’, waarbij rekening wordt gehouden met het feit dat de panden nabij het spoor liggen. Dit betekent dat in de constructie van met name de vloeren eigenfrequenties dienen te worden vermeden die samenvallen met de dominante eigenfrequenties van het treinverkeer. Niet gerealiseerde panden waarvan de constructiewijze bekend is, zijn op vergelijkbare manier als reeds gerealiseerde panden meegenomen in het onderzoek.

VI.4 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van de prognoses in dit onderzoek is afhankelijk van een aantal aspecten:

- De betrouwbaarheid van de meting. Alleen bij het meten van voldoende treinpassages is de meting, en daarmee ook de prognose, voldoende betrouwbaar. De betrouwbaarheid van de meting wordt in dit onderzoek aangegeven middels een zogenaamde *R*- of reproduceerbaarheidswaarde. Een *R*-waarde van kleiner dan 10 procent impliceert een goed reproduceerbare meting, de resultaten van een tweede meting zullen maximaal 10 procent afwijken van de gepresenteerde meetresultaten. De betrouwbaarheid van de meting wordt meegenomen in de beoordeling;
- De betrouwbaarheid van de diverse toeslagfactoren voor de wijzigingen ten gevolge van het project. De belangrijkste wijzigingen zijn:
    - Snelheidsverandering. Op basis van metingen op andere locaties in Nederland is een zo betrouwbaar mogelijke snelheidsrelatie gehanteerd voor dit onderzoek. De beschikbare metingen laten zien dat er voor sprinters (waar de grootste variatie is in rijsnelheid optreedt als gevolg van het project) relatief weinig variatie is in deze snelheidsrelatie, zodat de kans op een onderschatting van het snelheidseffect klein is.
    - Invloed afstandswijziging. De invloed van de afstandswijziging is meegenomen met de Barkanvergelijking, op basis van de locatiespecifieke maaiveldmetingen (zie Bijlage V). Verder geldt dat de invloed van deze toeslagfactor doorgaans gering is (in het project vinden vrijwel geen afstandswijzigingen plaats). Uit ervaringen met eerdere projecten blijkt dat er slechts een beperkte

onzekerheid is op de invloed van de afstandswijziging, bij dit project is de invloed klein doordat de afstandsverandering vaak beperkt is tot enkele meters.

- Invloed correctie wissels en overwegen. De invloed van wissels en overwegen hangt sterk af van de conditie van de wissel resp. de spoorligging rond de overweg. In dit onderzoek is deze invloed conservatief meegenomen.
- Invloed wijziging treintypes. De invloed van het verschil in treintypes is bepaald op basis van een vergelijking van de trillingen tussen de treintypes uit metingen op verschillende locaties. Vervolgens zijn de trillingen van treinen die in de toekomst niet meer rijden, gecorrigeerd voor deze verschillen in treintypes. Omdat de metingen aan deze treinen op verschillende locaties zijn uitgevoerd (hoewel wel gerelateerd aan dezelfde treinen, die op beide locaties reden), is er een vrij grote onzekerheid in deze correctiefactor. In dit onderzoek is gerekend met de gemiddelde waarde voor deze correctiefactor, er is namelijk geen correlatie van deze factor gevonden met bijv. spoorligging, rijsnelheid of bodemopbouw. Daarom is deze variatie naar verwachting vooral een variatie binnen een treintype, meer dan een variatie tussen locaties. Omdat gebruik wordt gemaakt van een naverwerkingsmethode die de maximale trillingen berekent op basis van de mediaan en een vaste standaardafwijking, wordt op deze manier een betrouwbare indicatie van de trillingen gekregen.

Zoals gebruikelijk wordt de beoordeling van de trillingen uitgevoerd op de verwachtingswaarde van de trillingen, met inachtneming van bovenstaande conservatieve inschattingen. Uit ervaringen met eerdere projecten blijkt dat dit de meest betrouwbare beoordelingsmethodiek is, waarbij factoren met een sterke mate van onzekerheid worst-case worden meegenomen, zodat niet onterecht bepaalde locaties over het hoofd worden gezien bij een maatregelenafweging.

VI.5 Verschillen modelberekeningen en woningmetingen

Verschillen tussen de modelberekeningen en predicties op basis van woningmetingen kunnen worden veroorzaakt door (een combinatie van) de volgende aspecten:

1. Het model van stap 2 is nauwkeuriger dan het model van stap 1, omdat in stap 2 alleen gerekend wordt met toeslagfactoren voor de wijzigingen in bijvoorbeeld treinsnelheid, de ligging van sporen en wissels en taludgeometrie. Hoe geringer deze wijzigingen zijn, hoe meer de plansituatie overeenkomt met de gemeten referentiesituatie, en hoe betrouwbaarder de berekeningen dus zijn;
2. Het model van stap 2 rekent met nauwkeurige, modelbepaalde parameters voor de wijzigingen in taludgeometrie. Vooral op locaties met sterke wijzigingen in taludgeometrie is het model van stap 2 aanzienlijk nauwkeuriger dan het model van stap 1;
3. In stap 2 wordt in gebouwen gemeten, hierdoor worden de specifieke gebouweigenschappen nauwkeuriger meegenomen dan in stap 1. Elk gebouw heeft een specifieke overdracht tussen fundering en midden vloerveld. Hierdoor is het ene gebouw gevoeliger voor een toename van de trillingssterkte in het laagfrequente gebied dan een ander gebouw. Verschillen tussen stap 1 en stap 2 worden meestal veroorzaakt door verschillen in gebouweigenschappen.

Bijlage VII – Achtergrondinformatie woningmetingen

Deze bijlage bevat een overzicht en schets van de meetopstelling, de resultaten van de metingen en de berekening voor de bestaande situatie en de plansituatie voor alle meetlocaties. In bijlage IV is meer informatie gegeven over hoe de verschillende parameters zijn bepaald.

VII.1 Everdineweerd 29, Katwijk

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 23.

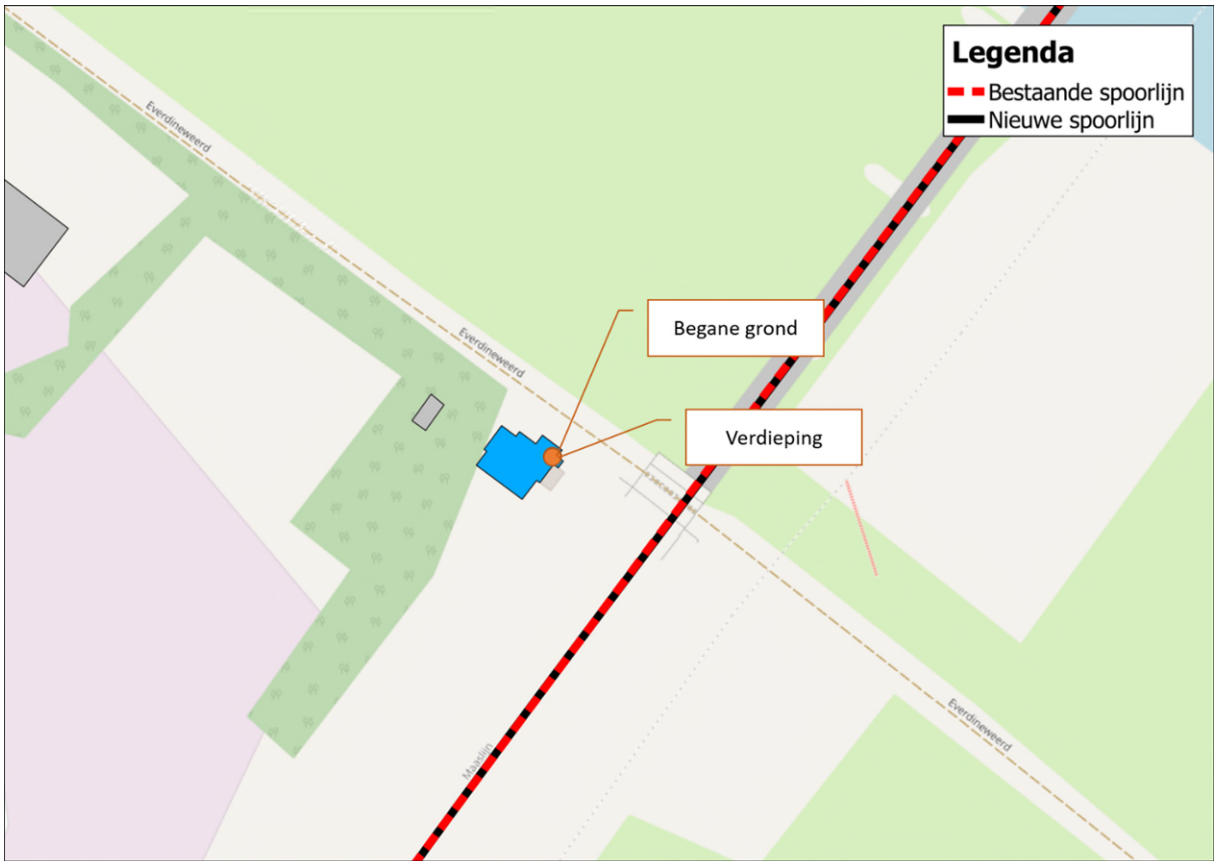


Figuur 23: Gevel

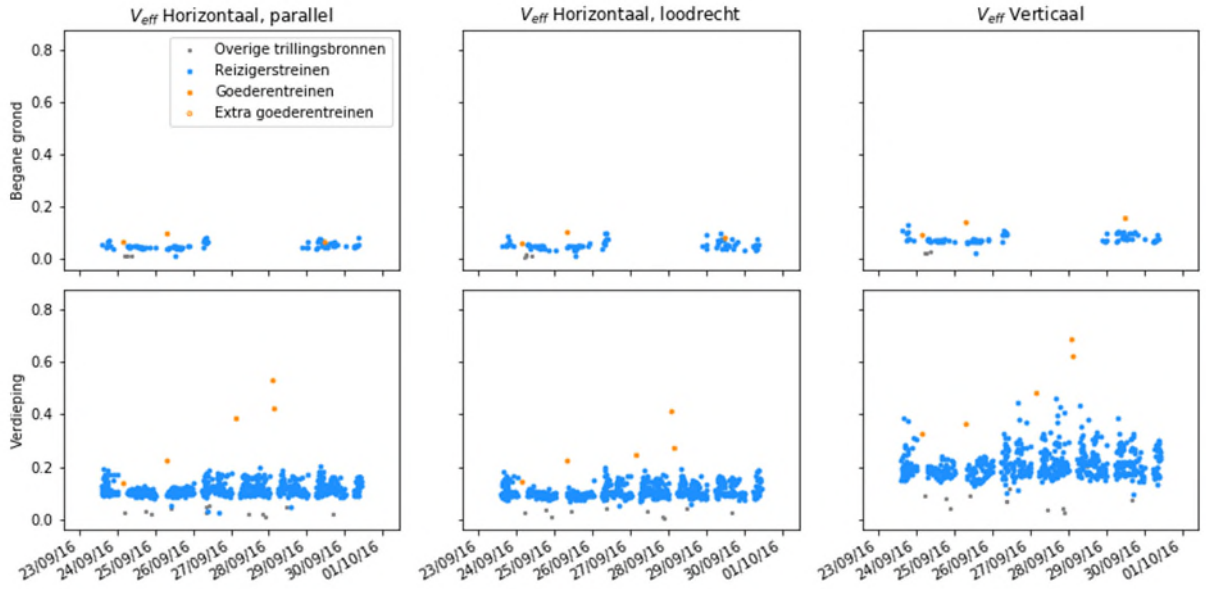
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*23-9-2016 t/m 30-9-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 24, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 25.



Figuur 24: Opstelling sensoren



Figuur 25: Meetresultaten

VII.1.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 18. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 18: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.02	0.05
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.04
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02
Vmax, goederen	0.09	0.10	0.17	0.37	0.31	0.60
Vmax, reizigers	0.10	0.10	0.16	0.28	0.26	0.50
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	7	7	7	4	4	4
Vmax	0.10	0.10	0.17	0.37	0.31	0.60

VII.1.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 19.

Tabel 19: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.01	0.01	0.02	0.07	0.06	0.11
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.04	0.08
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.03	0.05
Vmax, goederen	0.10	0.10	0.18	0.39	0.32	0.63
Vmax, reizigers	0.29	0.24	0.40	0.74	0.65	1.13
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	7	7	7	4	4	4
Vmax	0.29	0.24	0.40	0.74	0.65	1.13

De Q-waarde bedraagt 2.1. De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel, en door een verhoging van de rijsnelheid is ook de waarde van de trillingsintensiteit V_{per} in de plansituatie hoger dan de A3-grenswaarde uit de Bts. Door het beperkte aantal goederentreinen valt de toename van de trillingssterkte rekenkundig hoger uit.

VII.1.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. Ook de trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie hoger dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.2 Kattendoorn 48, Cuijk

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 26.

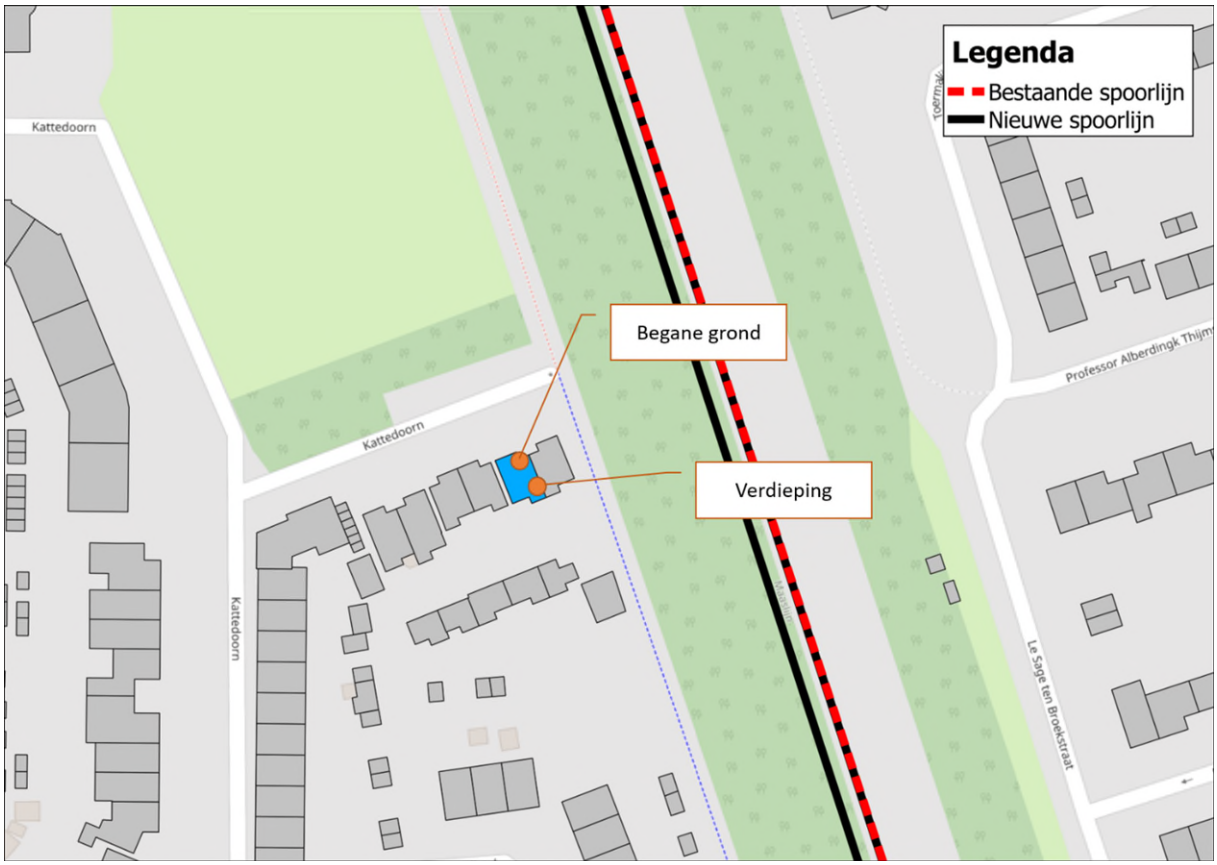


Figuur 26: Gevel

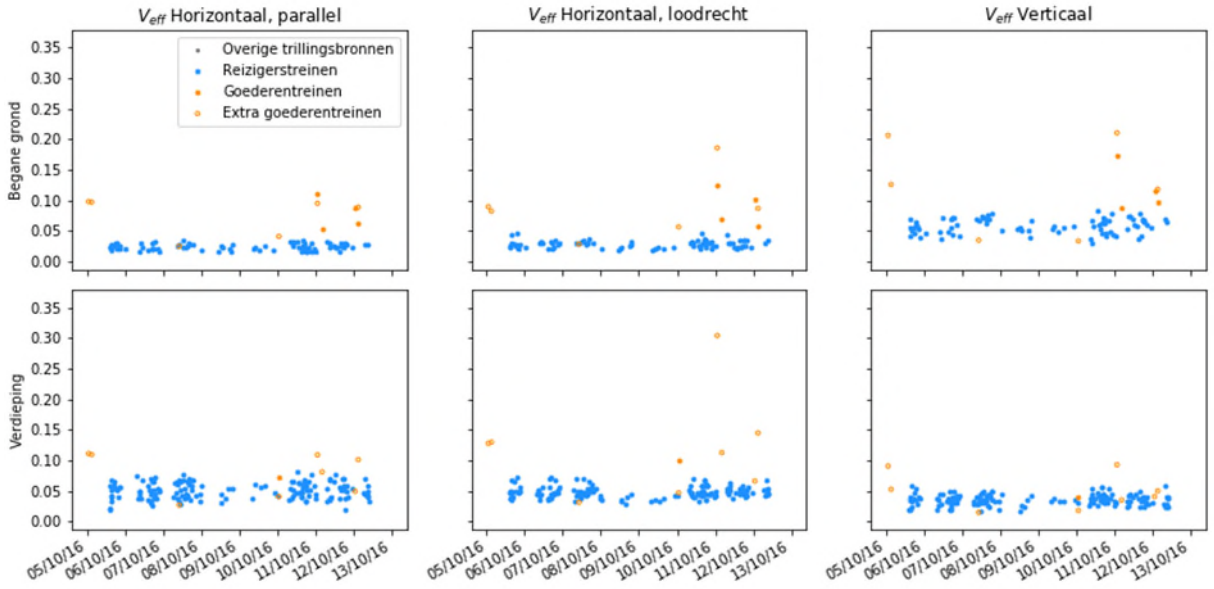
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*5-10-2016 t/m 12-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 27, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 28.



Figuur 27: Opstelling sensoren



Figuur 28: Meetresultaten

VII.2.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 20. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 20: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.09	0.10	0.13	0.10	0.15	0.06
Vmax, reizigers	0.05	0.06	0.11	0.12	0.10	0.08
R, goederen	11	11	11	12	12	12
R, reizigers	7	7	7	7	7	7
Vmax	0.09	0.10	0.13	0.12	0.15	0.08

VII.2.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.10	0.11	0.13	0.11	0.16	0.06
Vmax, reizigers	0.10	0.11	0.15	0.20	0.20	0.11
R, goederen	11	11	11	12	12	12
R, reizigers	7	7	7	6	6	6
Vmax	0.10	0.11	0.15	0.20	0.20	0.11

De Q-waarde bedraagt 1.5. De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel, door het dichterbij komen van de sporen en door een verhoging van de rijsnelheid. Door het beperkte aantal goederentreinen valt de toename van de trillingssterkte rekenkundig hoger uit.

VII.2.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie, maar de trillingssterkte is ook in de plansituatie lager dan de A1-waarde uit de Bts. Ook de trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven daarom geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.3 Kruisdistel 32, Cuijk

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 29.

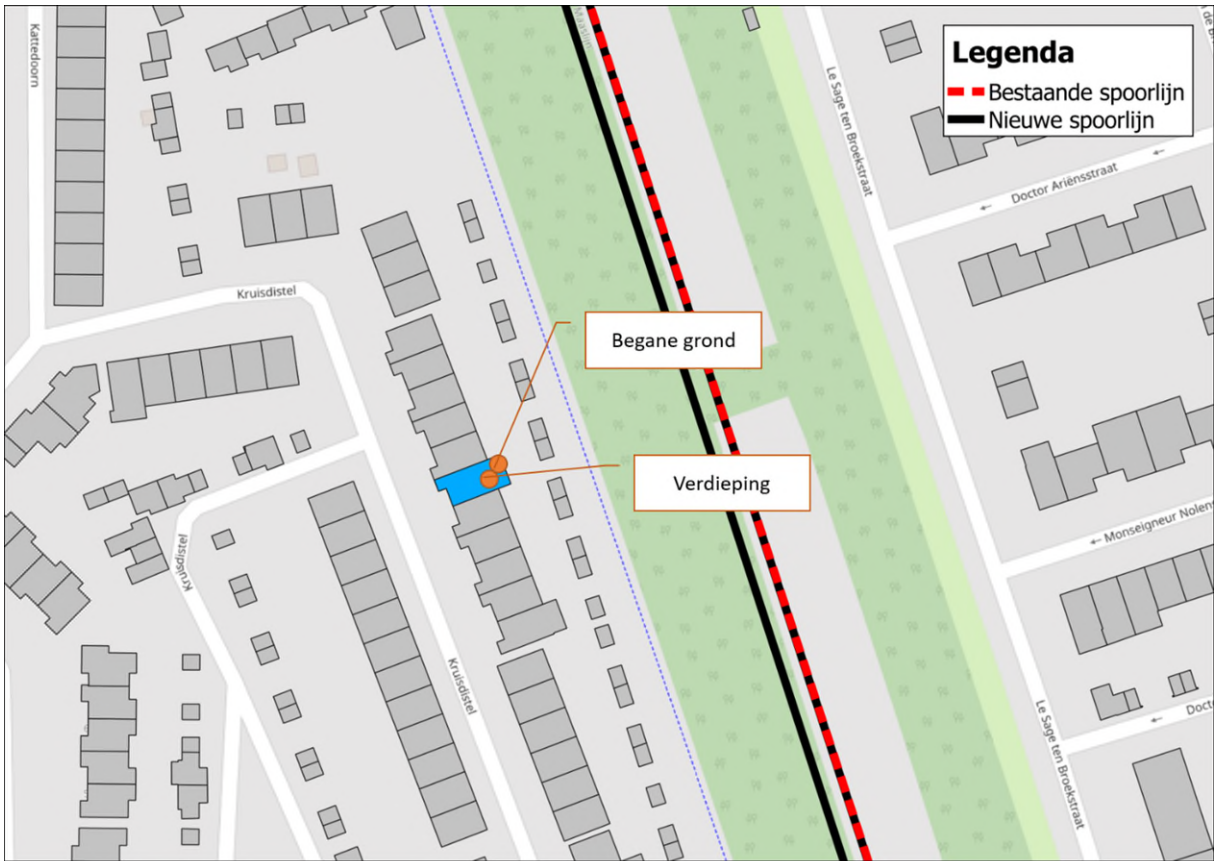


Figuur 29: Gevel

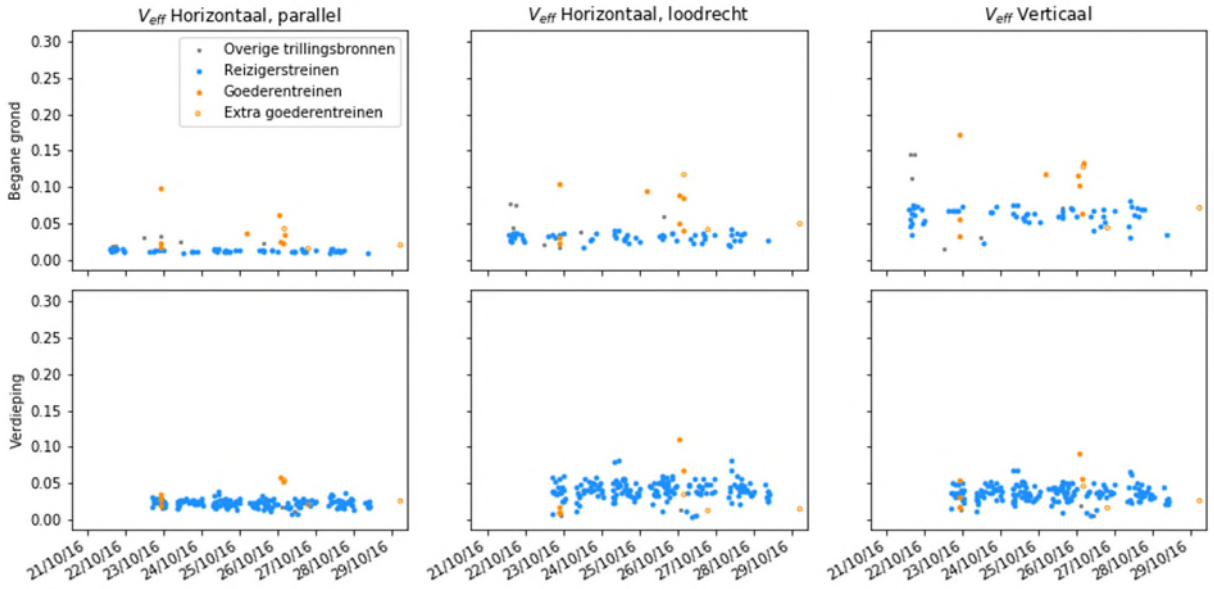
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*21-10-2016 t/m 28-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 30, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 31.



Figuur 30: Opstelling sensoren



Figuur 31: Meetresultaten

VII.3.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 22. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 22: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.04	0.10	0.13	0.07	0.05	0.06
Vmax, reizigers	0.02	0.06	0.11	0.05	0.11	0.09
R, goederen	11	11	11	15	15	15
R, reizigers	8	8	8	10	10	10
Vmax	0.04	0.10	0.13	0.07	0.11	0.09

VII.3.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 23.

Tabel 23: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.04	0.10	0.13	0.08	0.05	0.06
Vmax, reizigers	0.04	0.10	0.15	0.09	0.16	0.11
R, goederen	11	11	11	15	15	15
R, reizigers	8	8	8	6	6	6
Vmax	0.04	0.10	0.15	0.09	0.16	0.11

De Q-waarde bedraagt 1.5. De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel, door het dichterbij komen van de sporen en door een verhoging van de rijsnelheid.

VII.3.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie, maar blijft lager dan de A1-waarde. Ook de trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt verder dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.4 Kruisdistel 1, Cuijk

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 32.

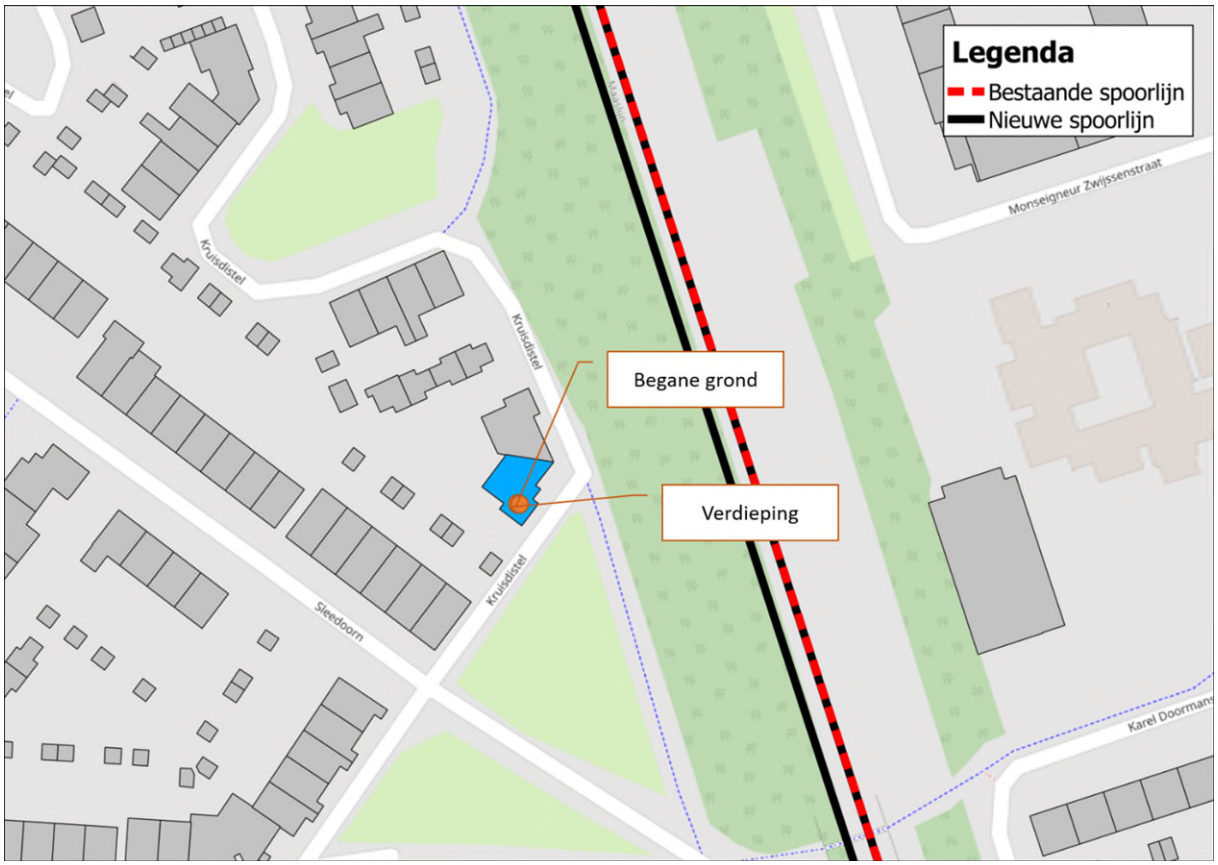


Figuur 32: Gevel

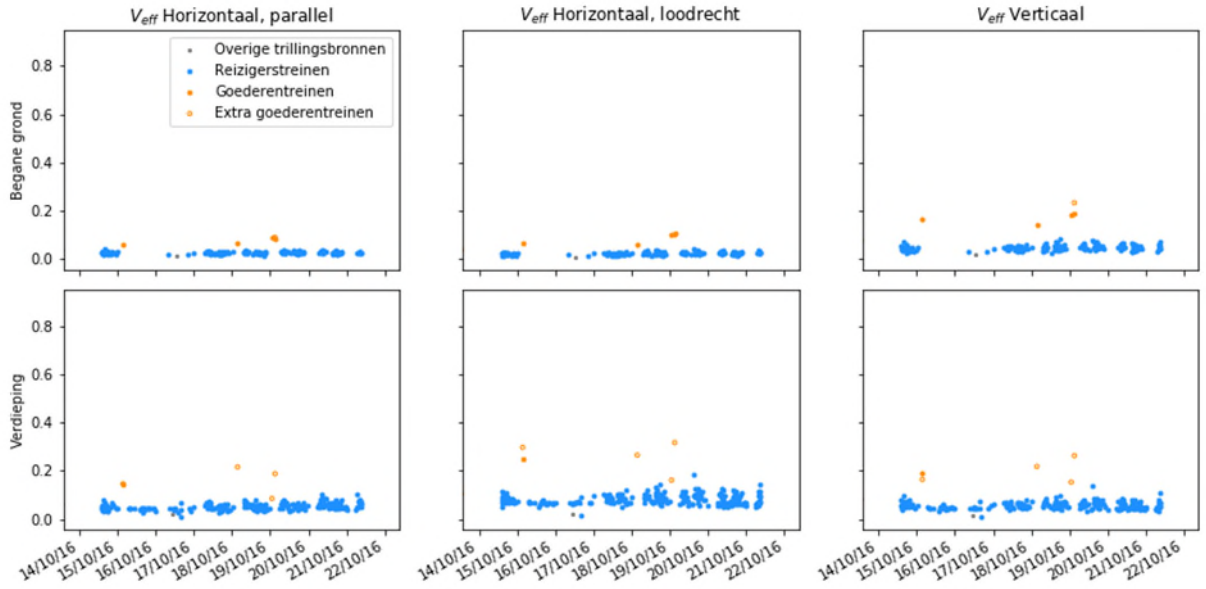
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*14-10-2016 t/m 21-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	Geen

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 33, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 34.



Figuur 33: Opstelling sensoren



Figuur 34: Meetresultaten

VII.4.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 24. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 24: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.09	0.10	0.21	0.17	0.31	0.24
Vmax, reizigers	0.06	0.05	0.10	0.12	0.18	0.13
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	6	6	6	5	5	5
Vmax	0.09	0.10	0.21	0.17	0.31	0.24

VII.4.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 25.

Tabel 25: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.03	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.10	0.11	0.22	0.18	0.33	0.24
Vmax, reizigers	0.12	0.11	0.17	0.26	0.37	0.19
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	6	6	6	5	5	5
Vmax	0.12	0.11	0.22	0.26	0.37	0.24

De Q-waarde bedraagt 1.4. De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel, door het dichterbij komen van de sporen en door een verhoging van de rijsnelheid.

VII.4.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie wel lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.5 Anne Frankstraat 17, Cuijk

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 35.

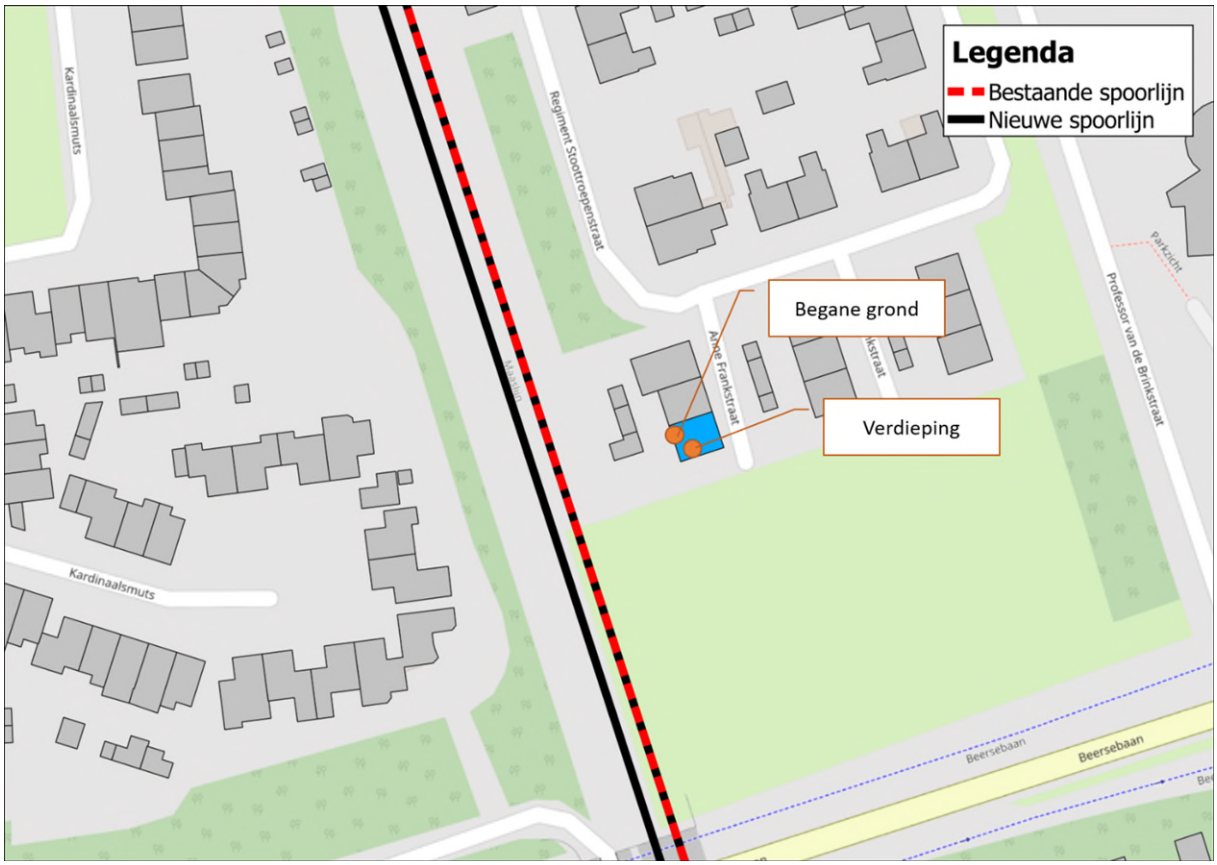


Figuur 35: Gevel

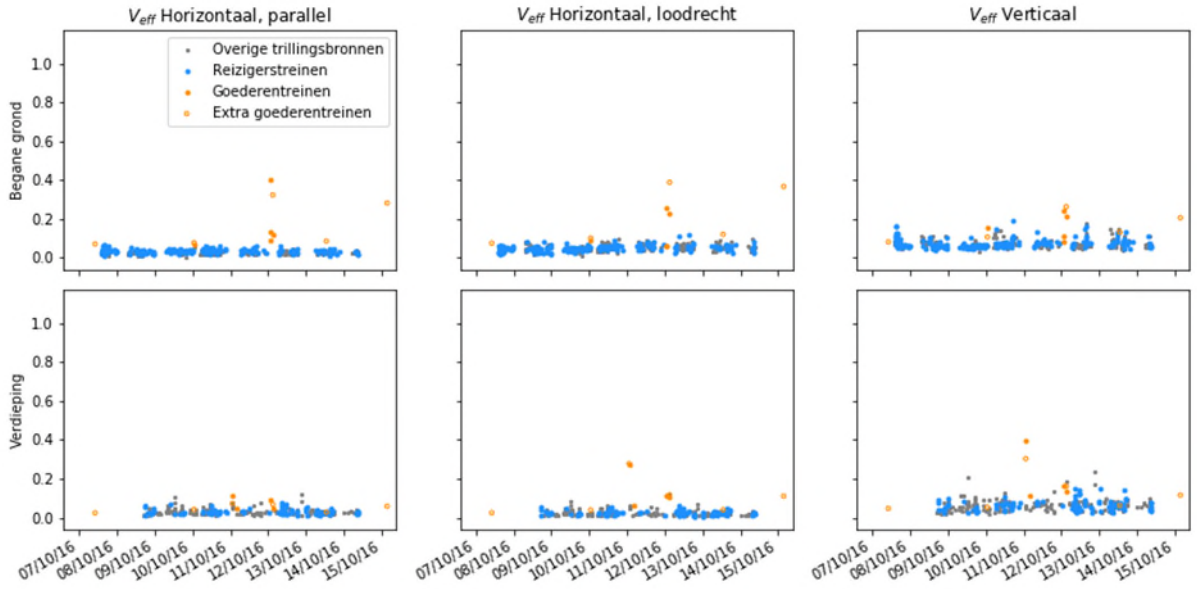
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*7-10-2016 t/m 14-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 36, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 37.



Figuur 36: Opstelling sensoren



Figuur 37: Meetresultaten

VII.5.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 26. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 26: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.28	0.34	0.28	0.08	0.13	0.19
Vmax, reizigers	0.07	0.10	0.15	0.07	0.05	0.15
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	5	5	5	8	8	8
Vmax	0.28	0.34	0.28	0.08	0.13	0.19

VII.5.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 27.

Tabel 27: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.28	0.34	0.28	0.08	0.13	0.19
Vmax, reizigers	0.16	0.19	0.24	0.11	0.09	0.19
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	5	5	5	7	7	7
Vmax	0.28	0.34	0.28	0.11	0.13	0.19

De Q-waarde bedraagt 1.2. De trillingsterkte neemt hier niet toe, maar door het beperkte aantal goederentreinen is sprake van een hoge *R*-waarde, waardoor er rekenkundig een toename van de trillingssterkte is.

VII.5.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de bestaande situatie. Ook de trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.6 Weldaad 14, Cuijk

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 38.



Figuur 38: Gevel

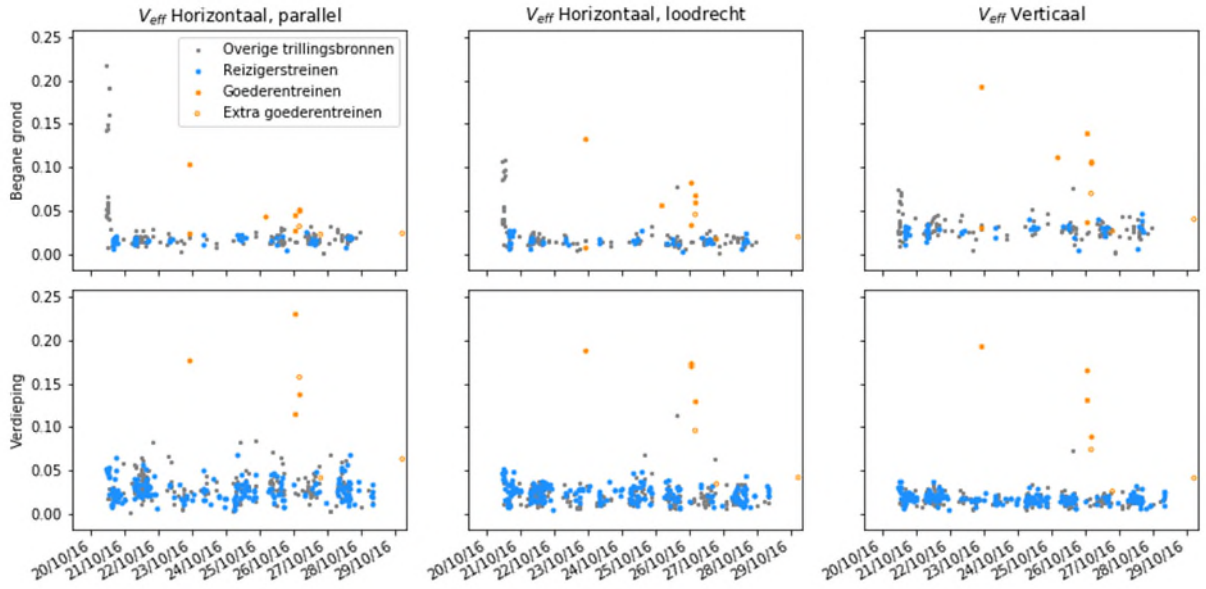
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*20-10-2016 t/m 28-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 39, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 40.



Figuur 39: Opstelling sensoren



Figuur 40: Meetresultaten

VII.6.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 28. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 28: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.04	0.05	0.09	0.19	0.11	0.10
Vmax, reizigers	0.03	0.03	0.05	0.09	0.05	0.04
R, goederen	12	12	12	13	13	13
R, reizigers	10	10	10	16	16	16
Vmax	0.04	0.05	0.09	0.19	0.11	0.10

VII.6.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 29.

Tabel 29: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.05	0.05	0.09	0.21	0.12	0.10
Vmax, reizigers	0.05	0.05	0.06	0.11	0.10	0.06
R, goederen	11	11	11	13	13	13
R, reizigers	10	10	10	6	6	6
Vmax	0.05	0.05	0.09	0.21	0.12	0.10

De Q-waarde bedraagt 1.3. De trillingsterkte neemt toe door het dichterbij komen van de sporen. Door het beperkte aantal goederentreinen is daarnaast sprake van een hoge *R*-waarde, waardoor de toename van de trillingssterkte rekenkundig hoger uitvalt[20].

VII.6.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie, maar de trillingssterkte is ook in de plansituatie niet hoger dan de A1-waarde uit de Bts. Ook de trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

[20] Het PIP Maaslijn is in Brabant op 5-11-2021 vastgesteld en in Limburg op 12-11-2021. Tussen 5 en 12 november is duidelijk geworden dat er op deze plek in de rapportage trillingen een tekstuele fout stond. Het rapport is daarop aangepast. Dit is in Limburg meegenomen in de besluitvorming door PS op 12 november en is in Brabant ambtelijk gecorrigeerd.

VII.7 Heeswijksestraat 7, Cuijk

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 41.



Figuur 41: Gevel

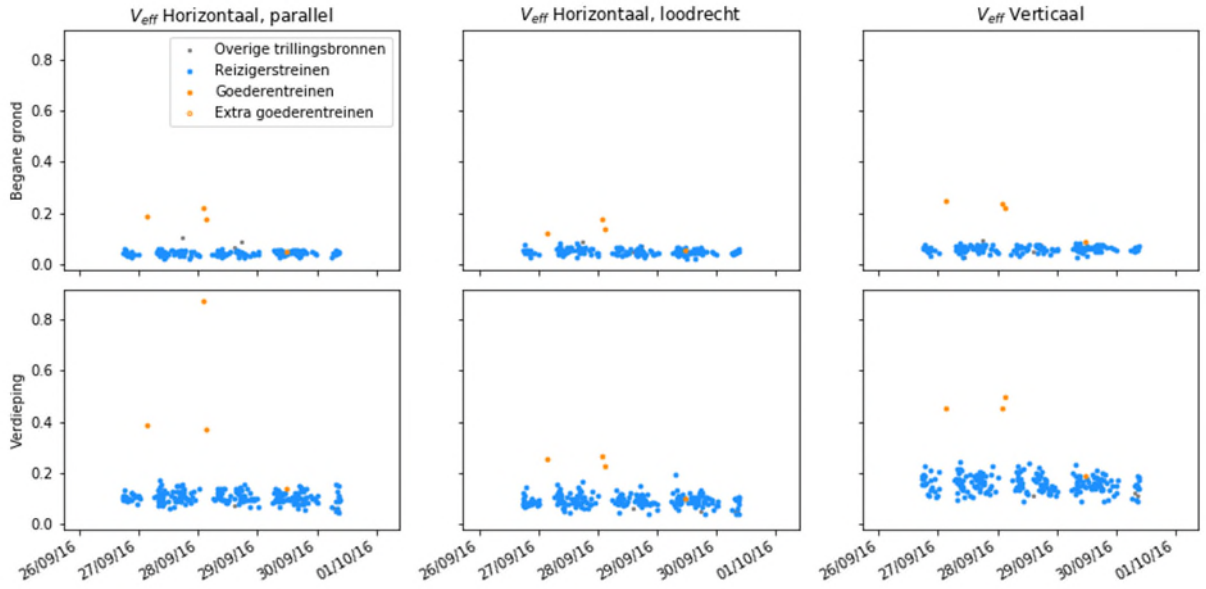
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*26-9-2016 t/m 30-9-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 42, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 43.



Figuur 42: Opstelling sensoren



Figuur 43: Meetresultaten

VII.7.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 30. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 30: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.03
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax, goederen	0.17	0.15	0.19	0.38	0.25	0.44
Vmax, reizigers	0.10	0.11	0.14	0.24	0.21	0.37
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	6	6	6	5	5	5
Vmax	0.17	0.15	0.19	0.38	0.25	0.44

VII.7.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 31.

Tabel 31: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.02	0.03	0.02	0.06	0.04	0.07
Vper, avond	<0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.04
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02
Vmax, goederen	0.17	0.16	0.19	0.38	0.26	0.45
Vmax, reizigers	0.26	0.38	0.32	0.72	0.52	0.81
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	6	6	6	5	5	5
Vmax	0.26	0.38	0.32	0.72	0.52	0.81

De Q-waarde bedraagt 2.0. De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel, door het dichterbij komen van de sporen en door een verhoging van de rijsnelheid.

VII.7.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie we; lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.8 Wezelhof 66, Cuijk

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 44.

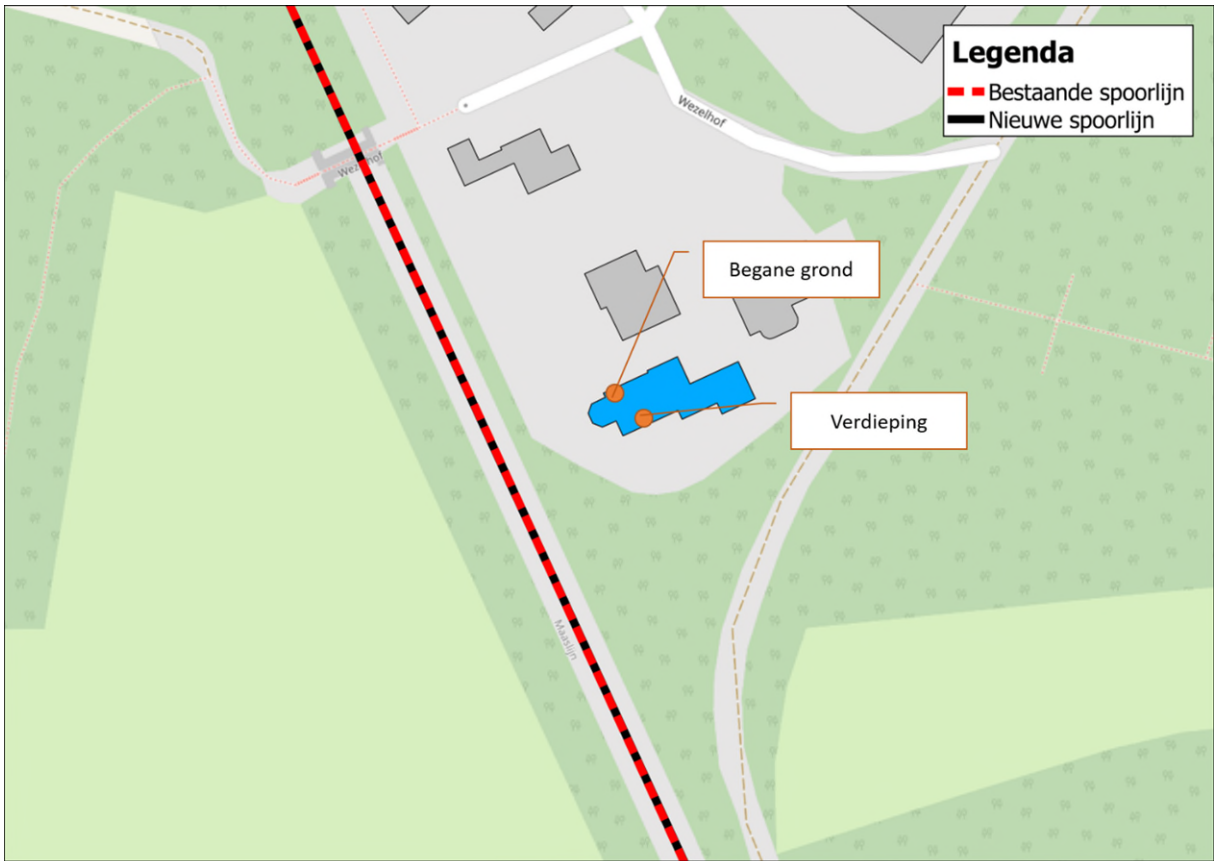


Figuur 44: Gevel

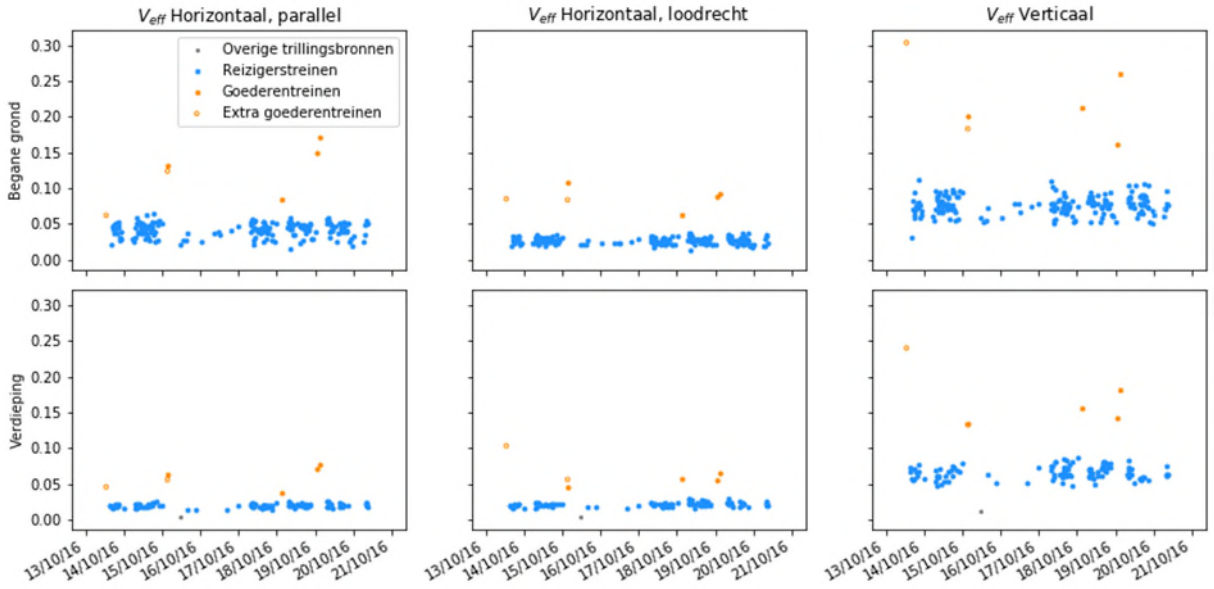
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*13-10-2016 t/m 20-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 45, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 46.



Figuur 45: Opstelling sensoren



Figuur 46: Meetresultaten

VII.8.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 32. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 32: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.15	0.11	0.24	0.08	0.08	0.19
Vmax, reizigers	0.09	0.06	0.16	0.04	0.04	0.14
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	5	5	5	6	6	6
Vmax	0.15	0.11	0.24	0.08	0.08	0.19

VII.8.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 33.

Tabel 33: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.15	0.11	0.24	0.08	0.08	0.19
Vmax, reizigers	0.17	0.11	0.27	0.09	0.09	0.28
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	5	5	5	6	6	6
Vmax	0.17	0.11	0.27	0.09	0.09	0.28

De Q-waarde bedraagt 1.7. De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel en door een verhoging van de rijsnelheid[21].

VII.8.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie wel lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

[21] Het PIP Maaslijn is in Brabant op 5-11-2021 vastgesteld en in Limburg op 12-11-2021. Tussen 5 en 12 november is duidelijk geworden dat er op deze plek in de rapportage trillingen een tekstuele fout stond. Het rapport is daarop aangepast. Dit is in Limburg meegenomen in de besluitvorming door PS op 12 november en is in Brabant ambtelijk gecorrigeerd.

VII.9 Sint Jozeflaan 73 Holthees

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 47.



Figuur 47: Gevel

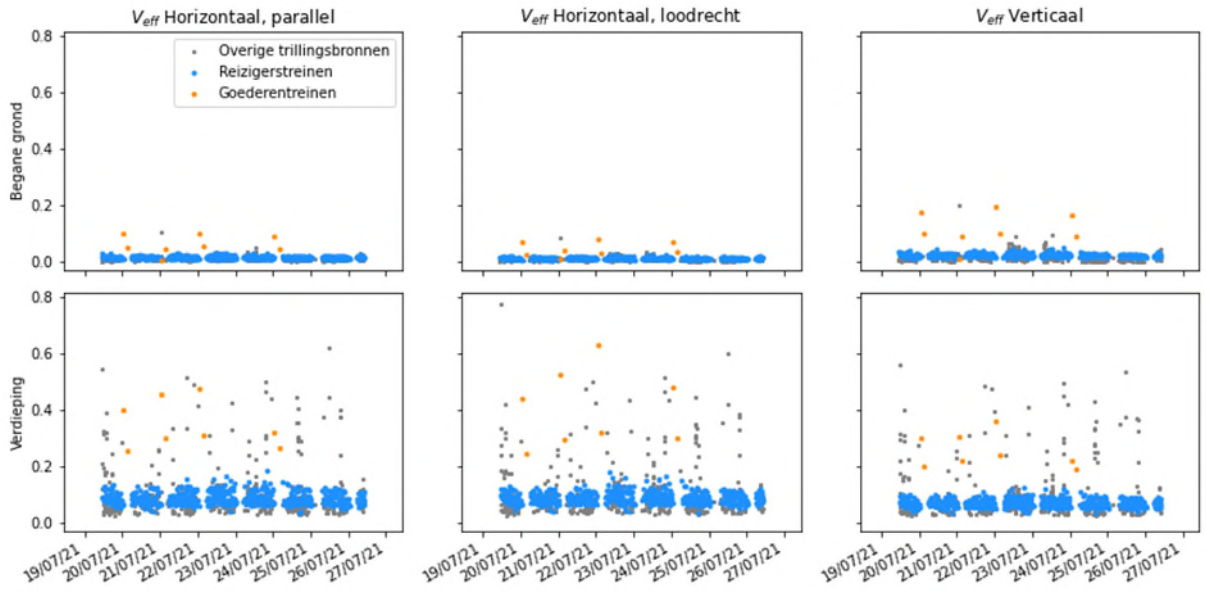
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Frederiksz*
3	Tijdsperiode meting	*19-7-2021 t/m 26-7-2021*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 48, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 49.



Figuur 48: Opstelling sensoren



Figuur 49: Meetresultaten

VII.9.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 34. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 34: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Vmax, goederen	0.09	0.07	0.18	0.49	0.56	0.36
Vmax, reizigers	0.04	0.03	0.06	0.20	0.21	0.17
R, goederen	10	10	10	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.09	0.07	0.18	0.49	0.56	0.36

VII.9.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 35.

Tabel 35: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.03	0.02
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.03	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Vmax, goederen	0.09	0.06	0.17	0.47	0.53	0.34
Vmax, reizigers	0.07	0.05	0.08	0.43	0.38	0.29
R, goederen	10	10	10	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.09	0.06	0.17	0.47	0.53	0.34

De Q-waarde bedraagt 0.9. De trillingsterkte neemt licht af doordat de goederentreinen iets langzamer gaan rijden op deze locatie. De trillingen van de reizigerstreinen nemen wel toe, dit is zichtbaar in de gemiddelde trillingssterkte V_{per}, maar ook in de toekomst zijn de goederentreinen maatgevend. De toename van de trillingen van de reizigerstreinen komt vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel en door een verhoging van de rijsnelheid.

VII.9.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie af ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie ook lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie hoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.10 Sint Jozeflaan 36A Smakt

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 50.

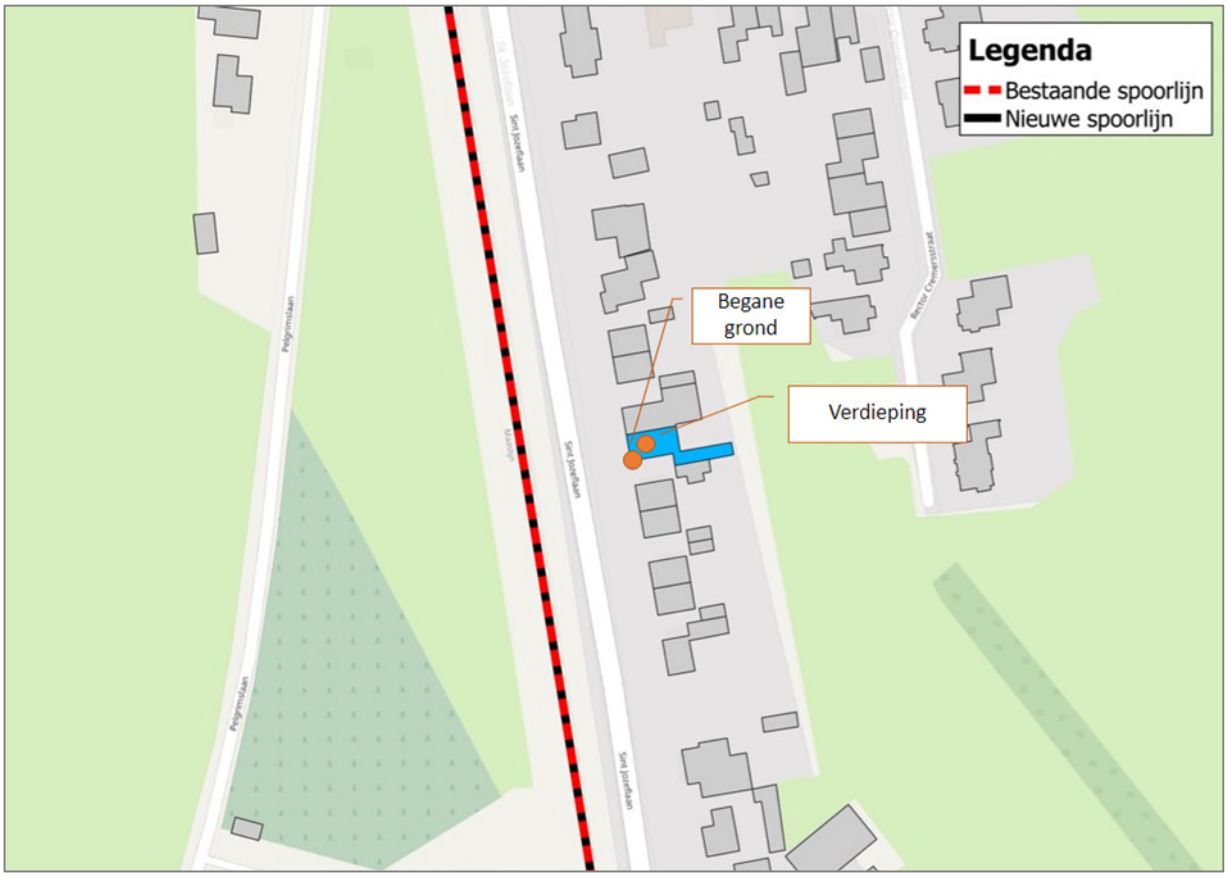


Figuur 50: Gevel

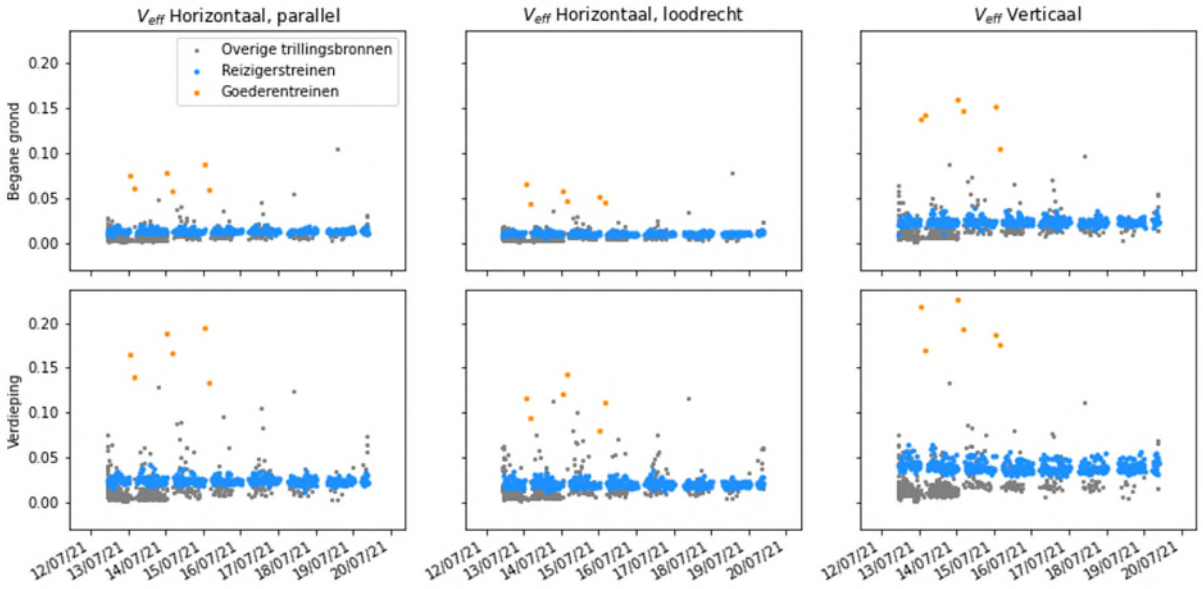
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Frederiksz*
3	Tijdsperiode meting	*12-7-2019 t/m 19-7-2019*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	Geen

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 51, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 52.



Figuur 51: Opstelling sensoren



Figuur 52: Meetresultaten

VII.10.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 36. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 36: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Vper, avond	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Vper, nacht	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vmax, goederen	0.10	0.07	0.19	0.23	0.15	0.27
Vmax, reizigers	0.03	0.02	0.06	0.06	0.05	0.10
R, goederen	10	10	10	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	10	10	10
Vmax	0.10	0.07	0.19	0.23	0.15	0.27

VII.10.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 37.

Tabel 37: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Vper, avond	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Vper, nacht	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vmax, goederen	0.09	0.07	0.18	0.21	0.14	0.25
Vmax, reizigers	0.06	0.05	0.08	0.10	0.08	0.18
R, goederen	10	10	10	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.09	0.07	0.18	0.21	0.14	0.25

De Q-waarde bedraagt 1.1. De trillingsterkte neemt af licht af doordat de goederentreinen iets langzamer gaan rijden op deze locatie, maar door een hoge *R*-waarde (omdat er relatief weinig goederentreinen passeren, wat leidt tot meer onzekerheid in de trillingen van de goederentreinen) is een lichte toename rekenkundig niet uit te sluiten.

VII.10.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met minder dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie ook lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie hoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.11 Gunhoekweg 4, Oirlo

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 53.

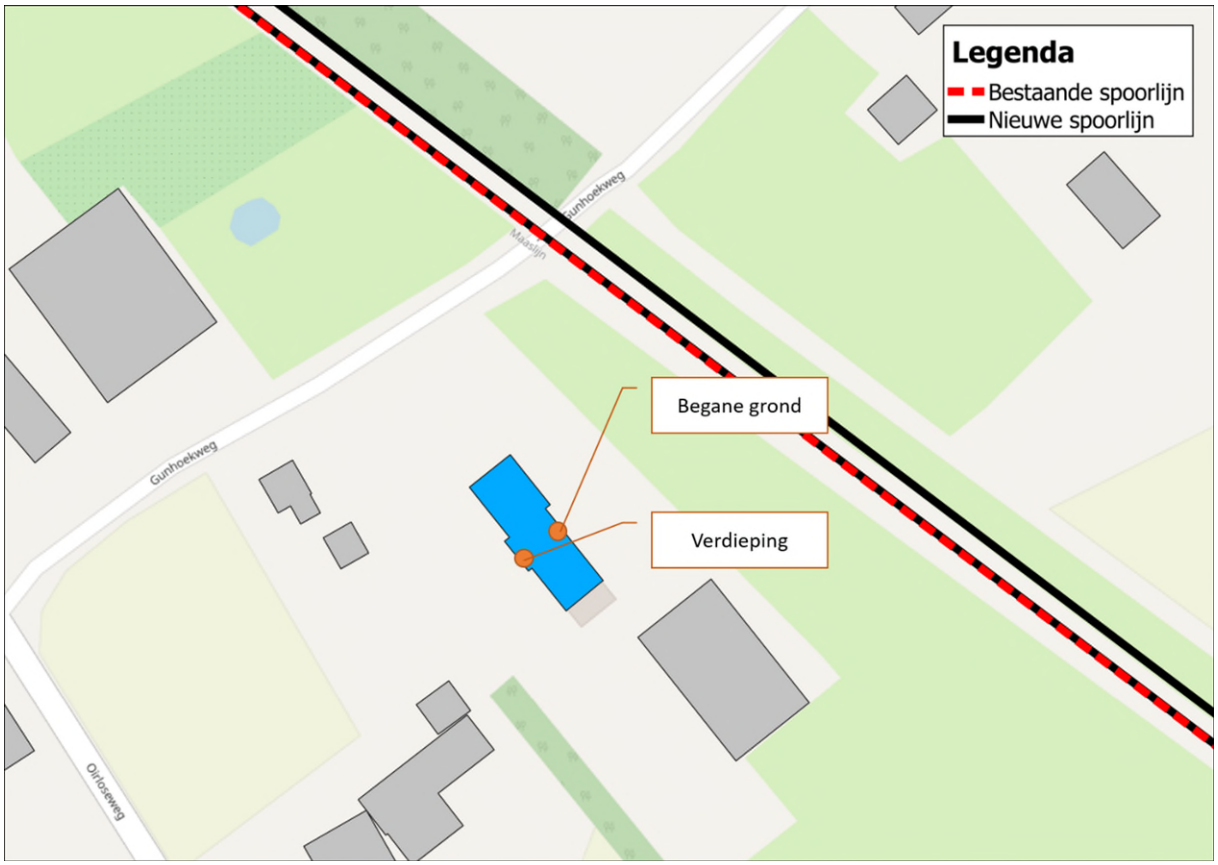


Figuur 53: Gevel

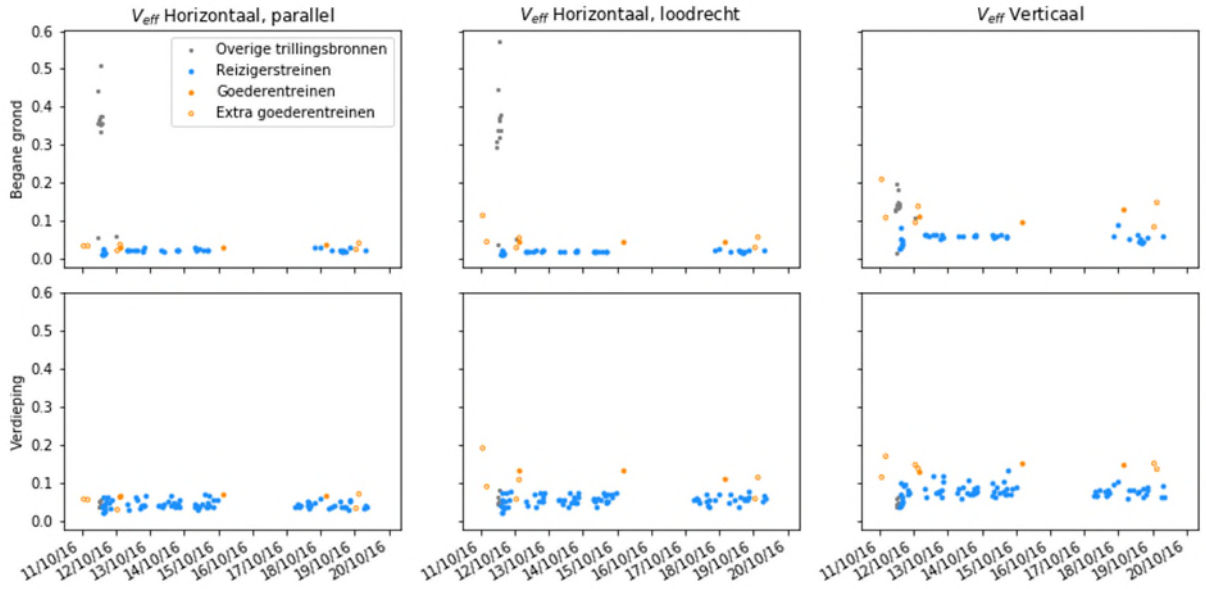
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*11-10-2016 t/m 19-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	Geen

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 54, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 55.



Figuur 54: Opstelling sensoren



Figuur 55: Meetresultaten

VII.11.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 38. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 38: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.04	0.06	0.15	0.07	0.12	0.17
Vmax, reizigers	0.04	0.04	0.10	0.09	0.11	0.16
R, goederen	11	11	11	12	12	12
R, reizigers	10	10	10	8	8	8
Vmax	0.04	0.06	0.15	0.09	0.12	0.17

VII.11.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 39.

Tabel 39: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.04	0.06	0.15	0.07	0.12	0.17
Vmax, reizigers	0.07	0.06	0.15	0.12	0.16	0.25
R, goederen	11	11	11	12	12	12
R, reizigers	10	10	10	7	7	7
Vmax	0.07	0.06	0.15	0.12	0.16	0.25

De Q-waarde bedraagt 1.6. De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel, door het dichterbij komen van de sporen en door een verhoging van de rijsnelheid.

VII.11.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie wel lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.12 Spoorstraat 69, Tienray

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 56.



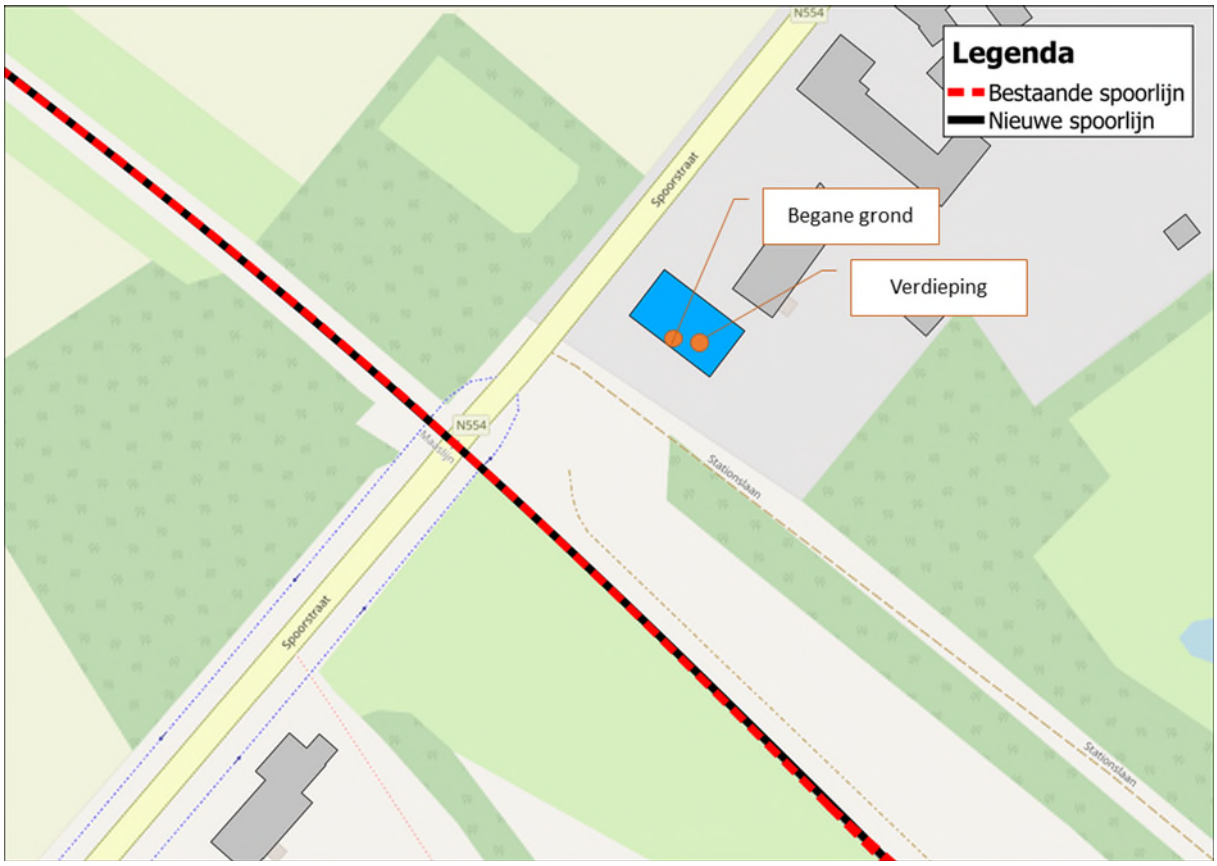
Figuur 56: Gevel

De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

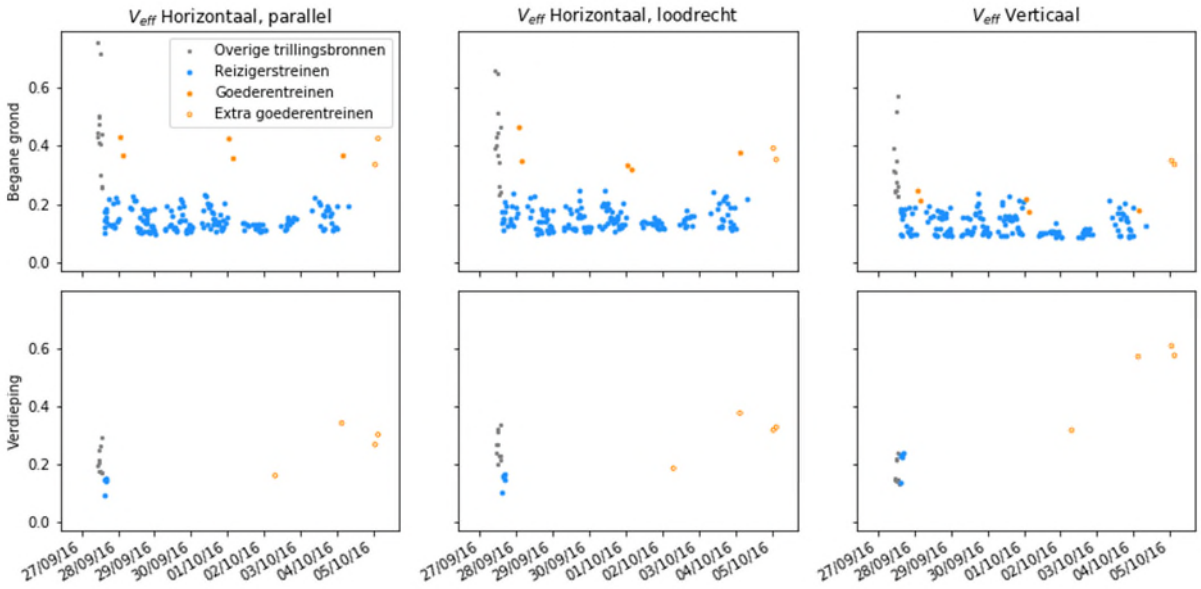
1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*27-9-2016 t/m 4-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 57, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 58. Er is maar kort op de verdieping gemeten, de trillingen op de verdieping zijn

bepaald door gebruik te maken van de resultaten op de begane grond en de overdracht van de trillingen tussen de begane grond en de verdieping.



Figuur 57: Opstelling sensoren



Figuur 58: Meetresultaten

VII.12.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 40. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 40: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03
Vper, avond	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03
Vper, nacht	0.01	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.02
Vmax, goederen	0.43	0.41	0.30	0.33	0.35	0.61
Vmax, reizigers	0.30	0.31	0.27	0.31	0.33	0.48
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	6	6	6	4	4	4
Vmax	0.43	0.41	0.30	0.33	0.35	0.61

VII.12.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 41.

Tabel 41: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.04	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
Vper, avond	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.07
Vper, nacht	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
Vmax, goederen	0.43	0.41	0.30	0.33	0.35	0.61
Vmax, reizigers	0.72	0.64	0.64	0.73	0.77	0.99
R, goederen	11	11	11	11	11	11
R, reizigers	6	6	6	4	4	4
Vmax	0.72	0.64	0.64	0.73	0.77	0.99

De Q-waarde bedraagt 1.8. De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel, en door een verhoging van de rijsnelheid.

VII.12.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie wel lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.13 Stationsweg 10, Lottum

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 59.



Figuur 59: Gevel

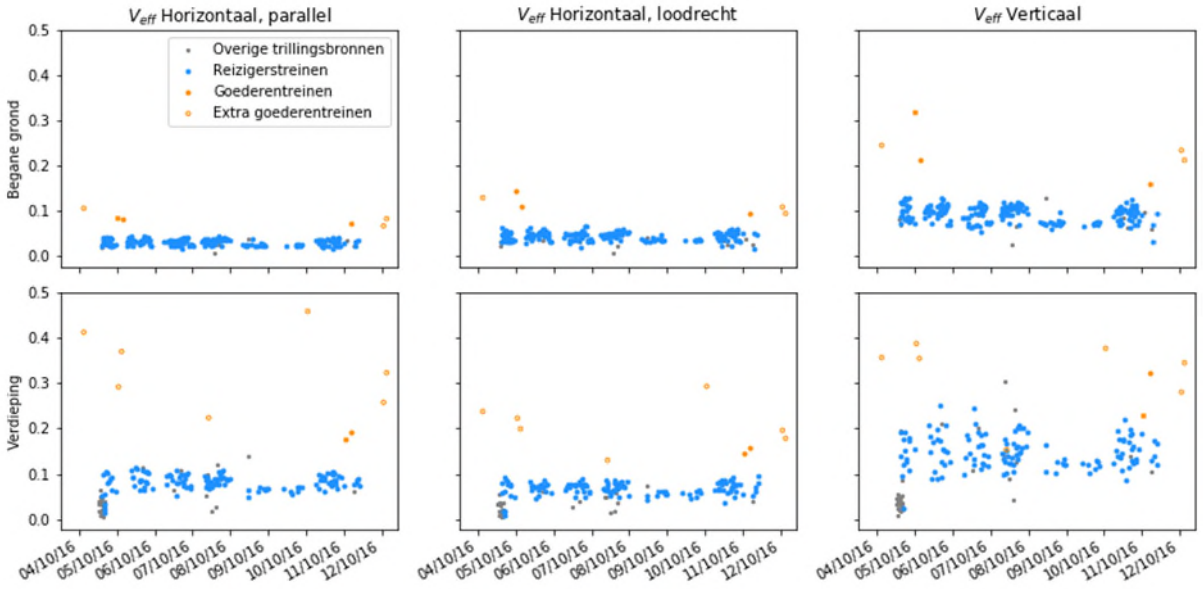
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*4-10-2016 t/m 11-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 60, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 61.



Figuur 60: Opstelling sensoren



Figuur 61: Meetresultaten

VII.13.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 42. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 42: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.02
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Vmax, goederen	0.09	0.12	0.24	0.35	0.23	0.38
Vmax, reizigers	0.07	0.10	0.20	0.17	0.14	0.30
R, goederen	12	12	12	11	11	11
R, reizigers	5	5	5	6	6	6
Vmax	0.09	0.12	0.24	0.35	0.23	0.38

VII.13.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 43.

Tabel 43: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03
Vper, avond	<0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax, goederen	0.10	0.13	0.25	0.37	0.24	0.40
Vmax, reizigers	0.18	0.21	0.52	0.43	0.30	0.54
R, goederen	12	12	12	11	11	11
R, reizigers	5	5	5	6	6	6
Vmax	0.18	0.21	0.52	0.43	0.30	0.54

De Q-waarde bedraagt 1.6. De trillingsterkte neemt met meer dan 30 procent toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel en doordat de rijsnelheid omhoog gaat. Dit wordt deels gecompenseerd door het verder weg liggen van de sporen.

VII.13.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie wel lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.14 Burgemeester van Kempenstraat 69 Grubbenvorst

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 62.

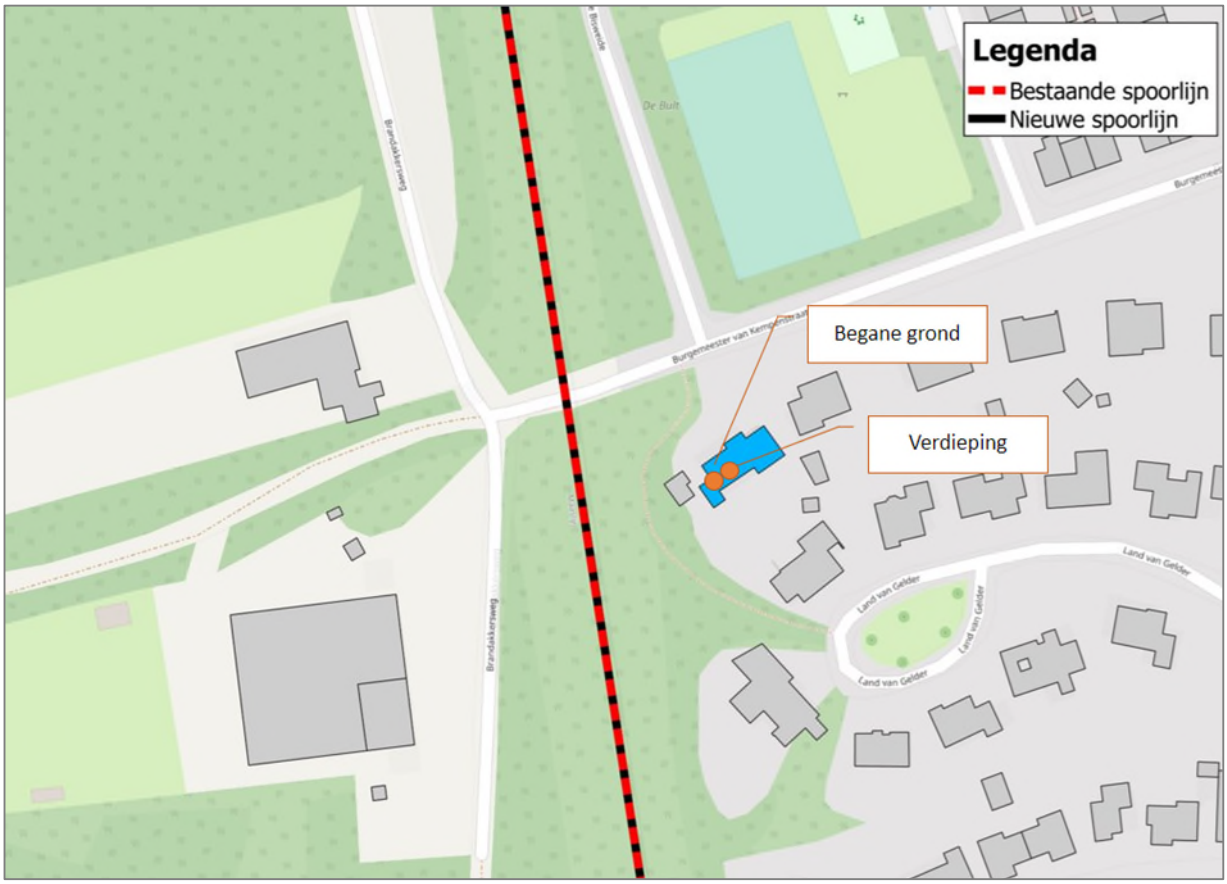


Figuur 62: Gevel

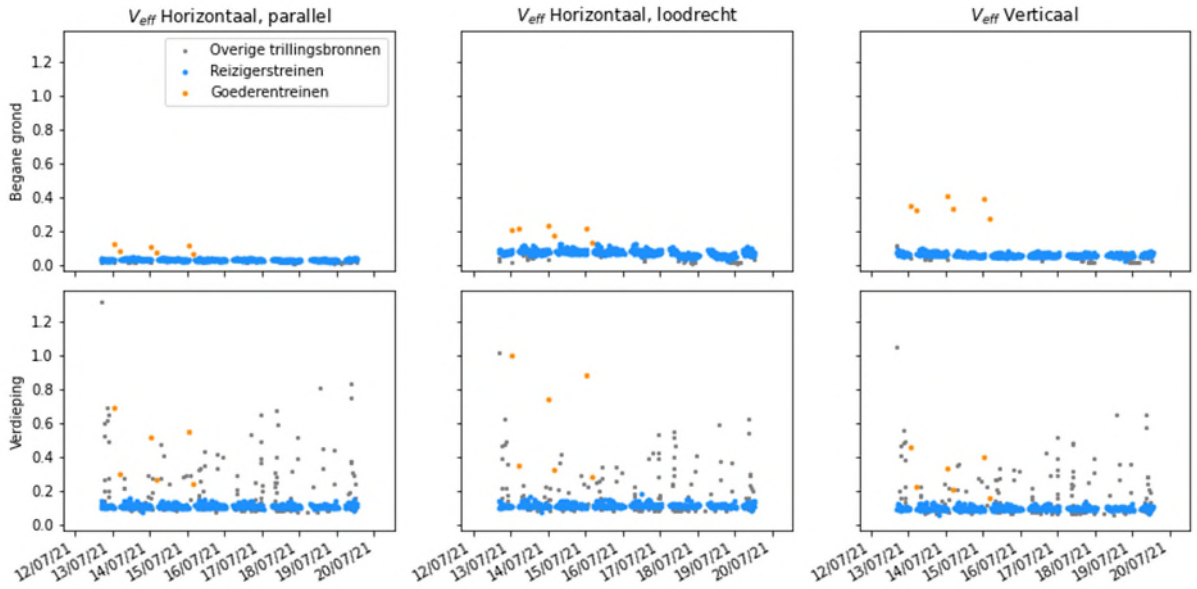
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Frederiksz*
3	Tijdsperiode meting	*12-7-2021 t/m 19-7-2021*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 63, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 64.



Figuur 63: Opstelling sensoren



Figuur 64: Meetresultaten

VII.14.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 44. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 44: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	< 0.01	0.01	< 0.01	0.02	0.02	0.01
Vper, avond	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.02	0.02	0.01
Vper, nacht	< 0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.02
Vmax, goederen	0.13	0.27	0.48	0.55	0.73	0.39
Vmax, reizigers	0.08	0.18	0.15	0.27	0.28	0.24
R, goederen	10	10	10	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.13	0.27	0.48	0.55	0.73	0.39

VII.14.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 45.

Tabel 45: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	< 0.01	0.03	0.02	0.05	0.05	0.04
Vper, avond	< 0.01	0.02	0.02	0.05	0.04	0.04
Vper, nacht	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05	0.03
Vmax, goederen	0.15	0.30	0.54	0.62	0.82	0.44
Vmax, reizigers	0.19	0.31	0.28	0.67	0.59	0.51
R, goederen	10	10	10	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.19	0.31	0.54	0.67	0.82	0.51

De Q-waarde bedraagt 1.3. De trillingsterkte neemt met minder dan 30 procent toe, vooral doordat goederentreinen iets harder gaan rijden. De trillingen van de reizigerstreinen nemen ook toe, dit is zichtbaar in de gemiddelde trillingssterkte V_{per}, maar ook in de toekomst zijn de goederentreinen maatgevend. De toename van de trillingen van de reizigerstreinen komt vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel en door een verhoging van de rijsnelheid.

VII.14.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met minder dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie ook lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie hoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.15 Sint Jansweg 1 Grubbenvorst

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 65.

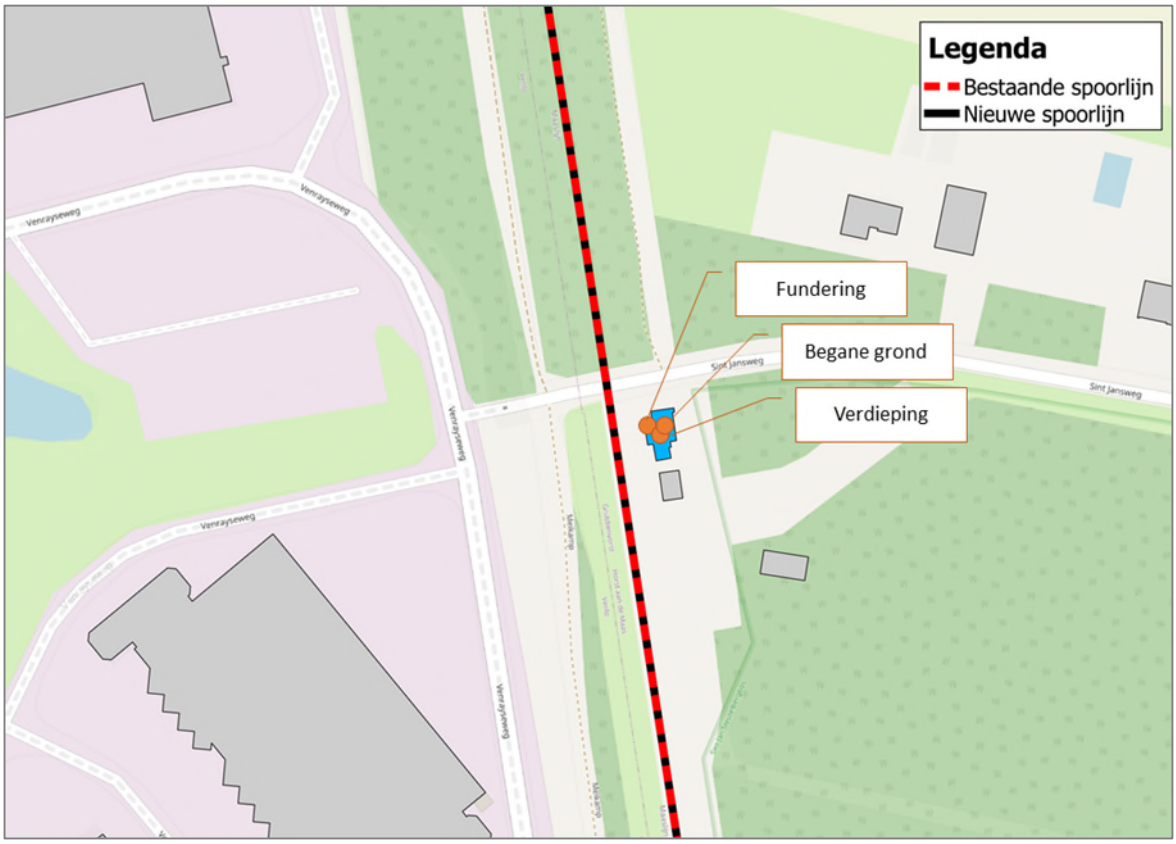


Figuur 65: Gevel

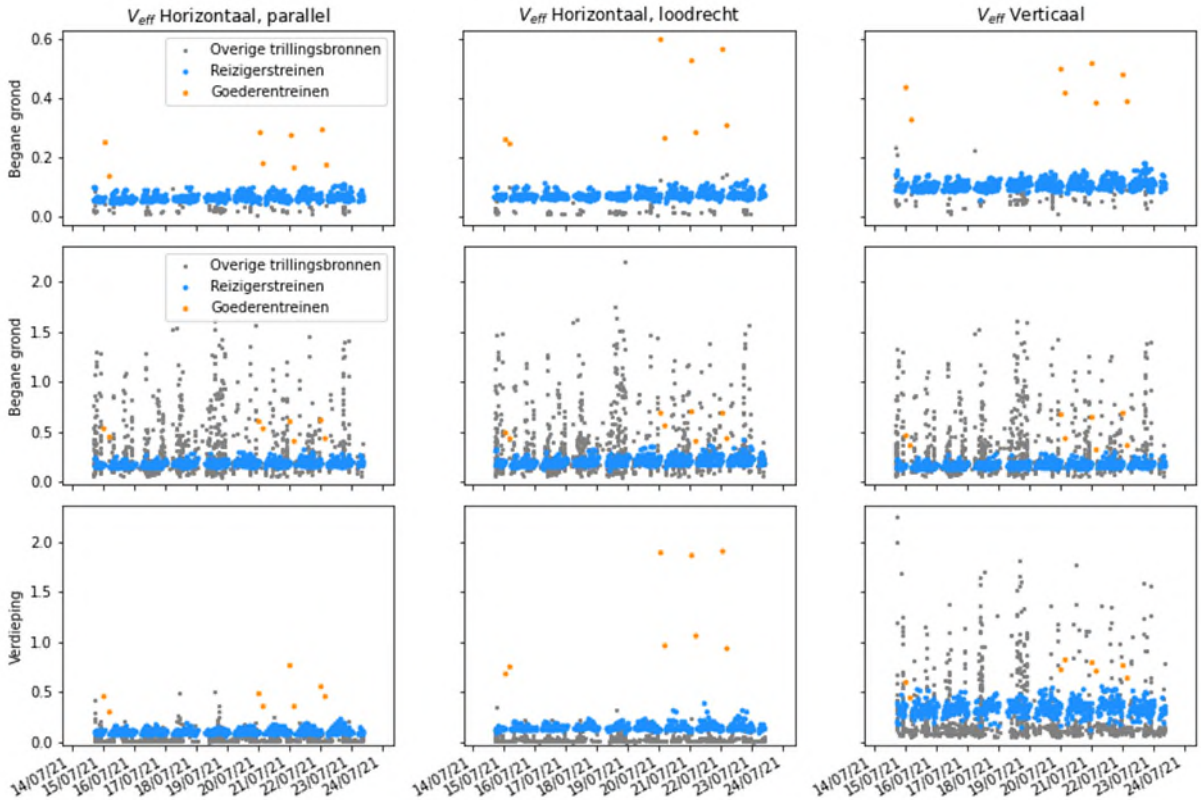
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Frederiksz*
3	Tijdsperiode meting	*14-7-2021 t/m 23-7-2021*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Drie 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 66, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 67. Vooral op de begane grond zijn veel trillingen als gevolg van lopen (door de bewoners) waargenomen.



Figuur 66: Opstelling sensoren



Figuur 67: Meetresultaten (boven aan de fundering, midden begane grond, en onder op de verdieping)

VII.15.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 46. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 46: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Begane grond			Verdieping		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	<0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.06
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.06
Vper, nacht	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.05	0.04
Vmax, goederen	0.29	0.50	0.59	0.73	0.76	0.67	0.63	1.62	0.95
Vmax, reizigers	0.15	0.17	0.25	0.44	0.50	0.41	0.26	0.36	0.80
R, goederen	10	10	10	10	10	10	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.29	0.50	0.59	0.73	0.76	0.67	0.63	1.62	0.95

VII.15.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 47.

Tabel 47: Resultaten plansituatie

	Fundering			Begane grond			Verdieping		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Vper, dag	0.03	0.03	0.03	0.08	0.09	0.07	0.04	0.05	0.08
Vper, avond	0.03	0.03	0.03	0.08	0.08	0.07	0.04	0.05	0.08
Vper, nacht	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.04	0.03	0.06	0.05
Vmax, goederen	0.34	0.58	0.69	0.85	0.88	0.78	0.74	1.90	1.11
Vmax, reizigers	0.34	0.34	0.42	1.02	1.08	0.88	0.50	0.65	1.07
R, goederen	10	10	10	10	10	10	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.34	0.58	0.69	1.02	1.08	0.88	0.74	1.90	1.11

De Q-waarde bedraagt 1.2. De trillingsterkte neemt met minder dan 30 procent toe, vooral doordat goederentreinen iets harder gaan rijden. De trillingen van de reizigerstreinen nemen ook toe, dit is zichtbaar in de gemiddelde trillingssterkte V_{per}, maar ook in de toekomst zijn de goederentreinen maatgevend. De toename van de trillingen van de reizigerstreinen komt vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel en door een verhoging van de rijsnelheid.

VII.15.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met minder dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie ook lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie hoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.16 Mauritsstraat 44, Tegelen

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 68.

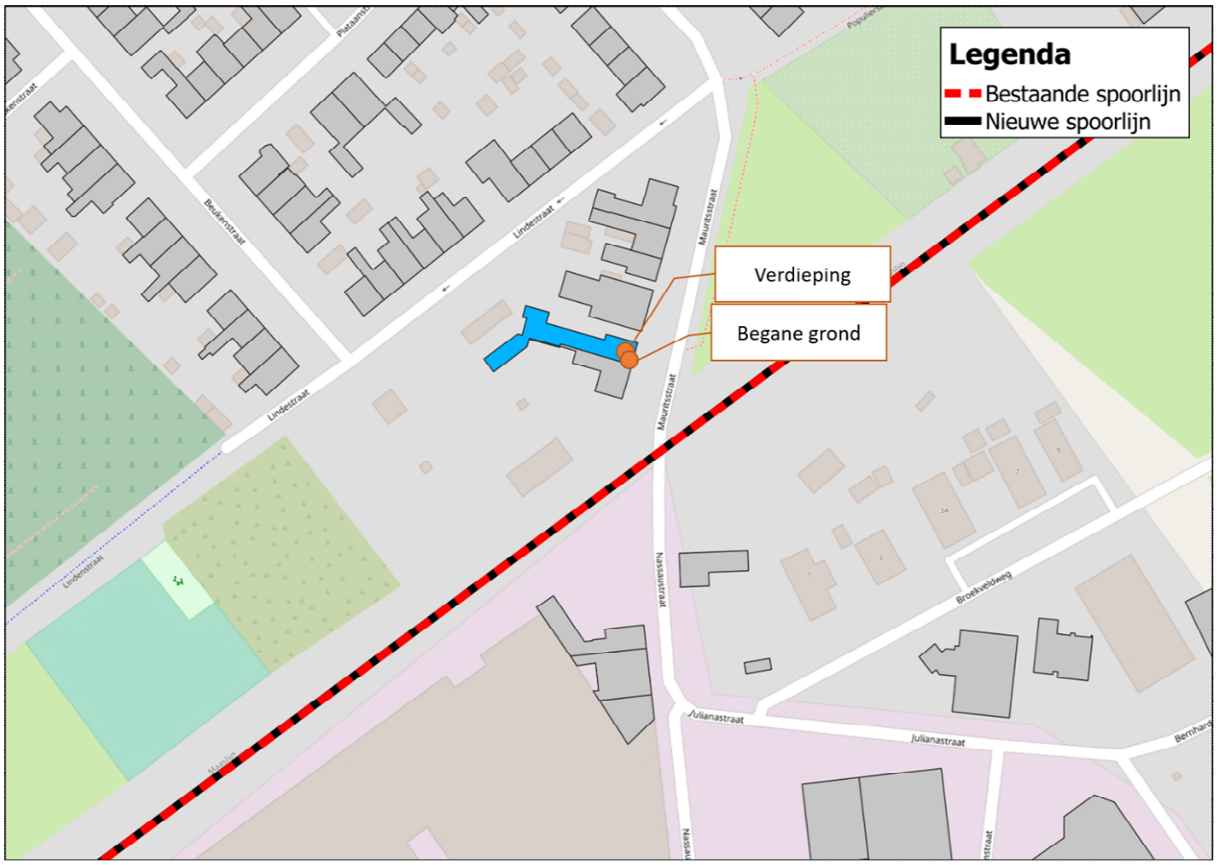


Figuur 68: Gevel

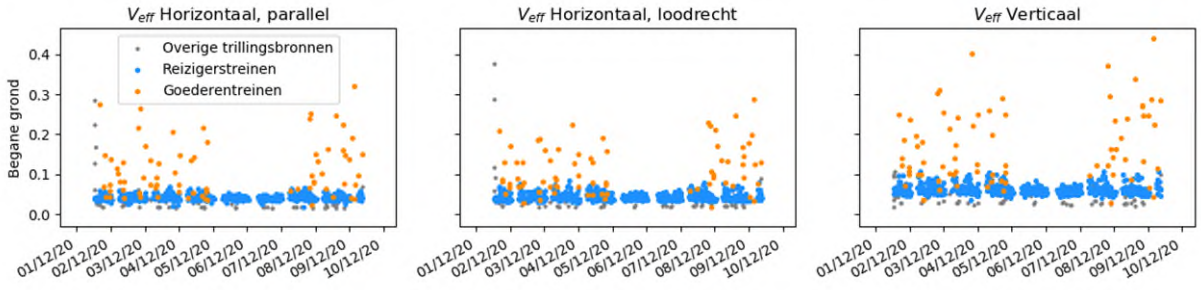
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Frederiksz*
3	Tijdsperiode meting	*1-12-2020 t/m 9-12-2020*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 69, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 70. Alleen de resultaten van de metingen op de fundering zijn gebruikt, de meetresultaten op de verdieping waren niet beschikbaar.



Figuur 69: Opstelling sensoren



Figuur 70: Meetresultaten

VII.16.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 48. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 48: Resultaten bestaande situatie

	Fundering		
	X	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, goederen	0.18	0.19	0.29
Vmax, reizigers	0.10	0.10	0.15
R, goederen	8	8	8
R, reizigers	4	4	4
Vmax	0.18	0.19	0.29

VII.16.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 49.

Tabel 49: Resultaten plansituatie

	Fundering		
	X	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.02	0.02	0.03
Vper, avond	0.02	0.02	0.03
Vper, nacht	0.02	0.01	0.02
Vmax, goederen	0.26	0.27	0.41
Vmax, reizigers	0.28	0.25	0.31
R, goederen	8	8	8
R, reizigers	4	4	4
Vmax	0.28	0.27	0.41

De Q-waarde bedraagt 1.4. De trillingsterkte neemt met meer dan 30 procent toe, vooral door de hogere rijsnelheid van goederentreinen. In de huidige situatie rijden de goederentreinen hier langzaam omdat deze elkaar moeten laten passeren. In de nieuwe situatie is deze stop onwenselijk voor een robuuste dienstregeling van het reizigersverkeer, en gaat de rijsnelheid omhoog. Hierdoor nemen de trillingen toe.

VII.16.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie wel lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.17 Parallelweg 21, Tegelen

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 71.

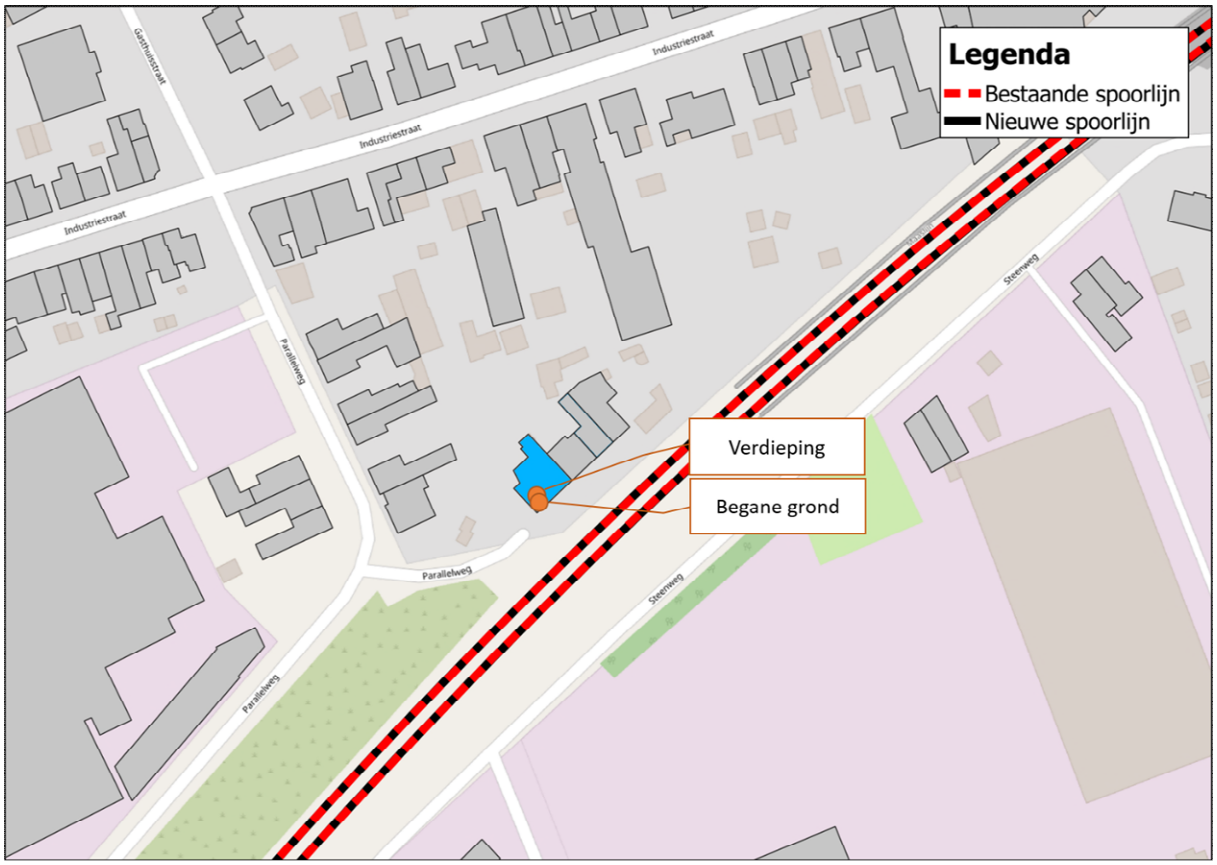


Figuur 71: Gevel

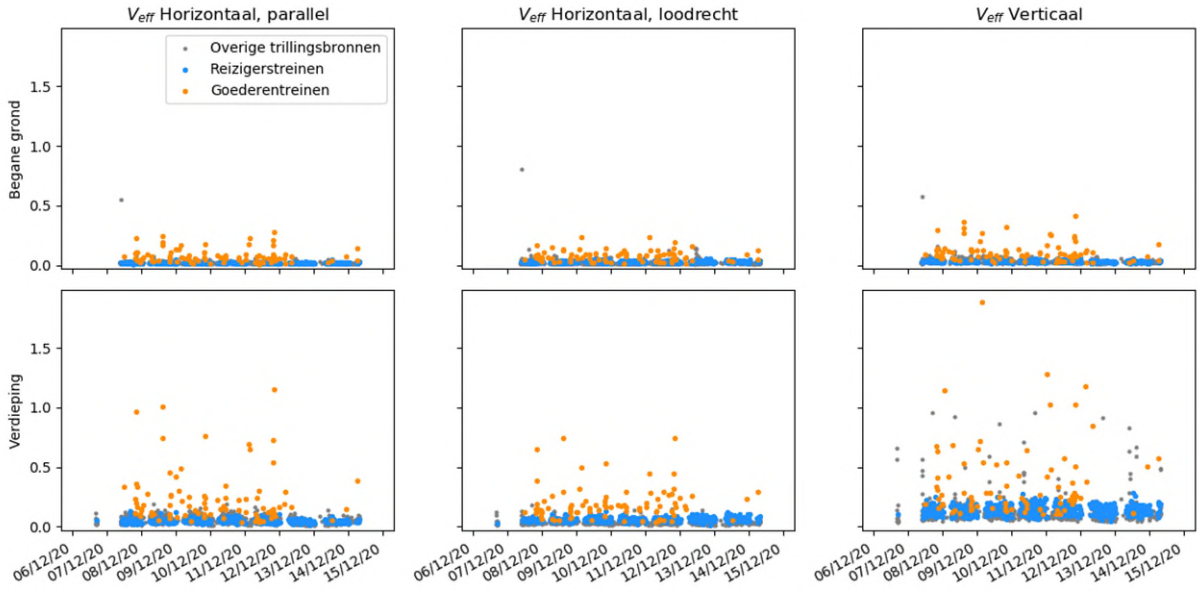
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Frederiksz*
3	Tijdsperiode meting	*7-12-2020 t/m 14-12-2020*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 72, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 73.



Figuur 72: Opstelling sensoren



Figuur 73: Meetresultaten

VII.17.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 50. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 50: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.03
Vper, avond	0.01	<0.01	0.01	0.04	0.03	0.04
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.04
Vmax, goederen	0.12	0.13	0.18	0.34	0.31	0.56
Vmax, reizigers	0.05	0.07	0.08	0.11	0.14	0.32
R, goederen	7	7	7	7	7	7
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.12	0.13	0.18	0.34	0.31	0.56

VII.17.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 51.

Tabel 51: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	0.01	<0.01	0.03	0.03	0.06
Vper, avond	0.01	0.01	0.02	0.05	0.04	0.06
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.03	0.02	0.06
Vmax, goederen	0.15	0.17	0.23	0.44	0.39	0.71
Vmax, reizigers	0.14	0.19	0.17	0.27	0.37	0.64
R, goederen	7	7	7	7	7	7
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.15	0.19	0.23	0.44	0.39	0.71

De Q-waarde bedraagt 1.3. De trillingsterkte neemt met minder dan 30 procent toe, vooral door de hogere rijsnelheid van goederentreinen. In de huidige situatie rijden de goederentreinen hier langzaam omdat deze elkaar moeten laten passeren. In de nieuwe situatie is deze stop onwenselijk voor een robuuste dienstregeling van het reizigersverkeer, en gaat de rijsnelheid omhoog. Hierdoor nemen de trillingen toe.

VII.17.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met minder dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. Ook de trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie worden daarom geen maatregelen afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.18 Markt 1, Belfeld

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 74.

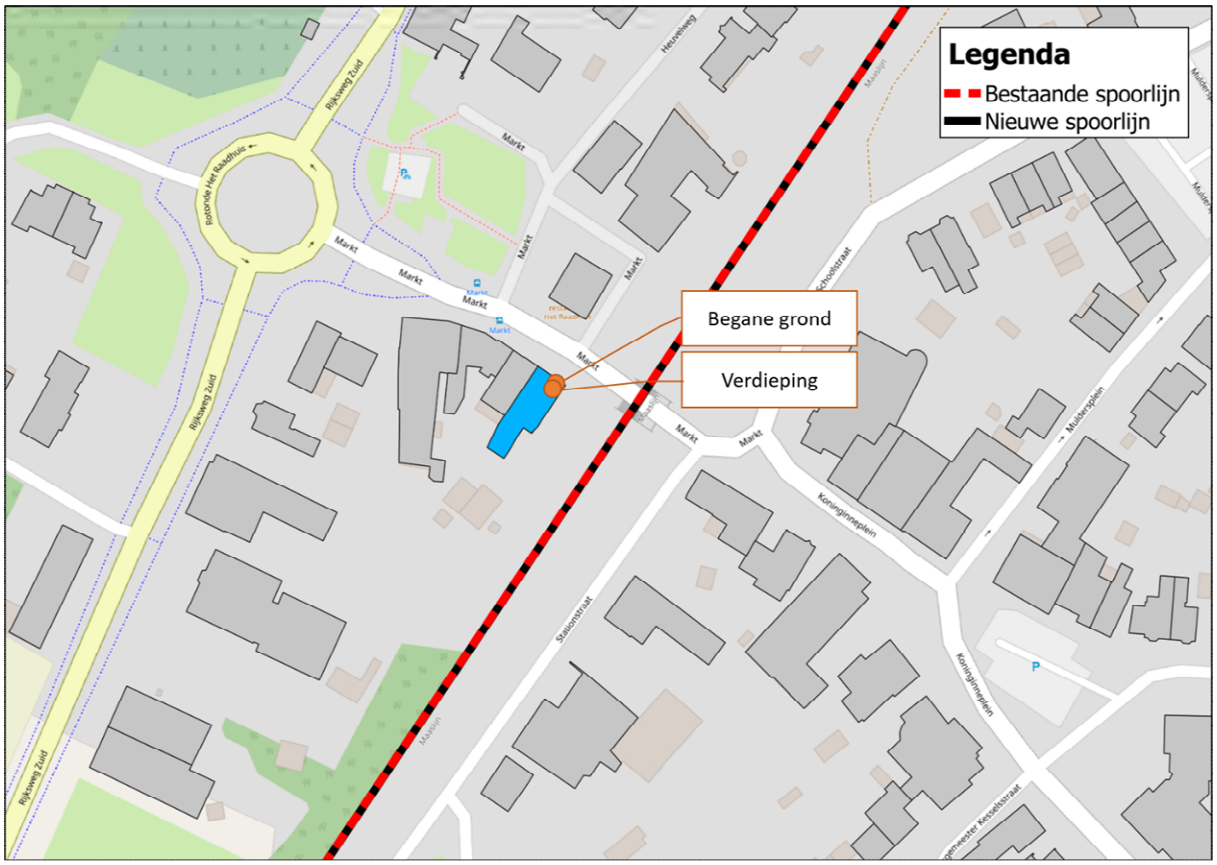


Figuur 74: Gevel

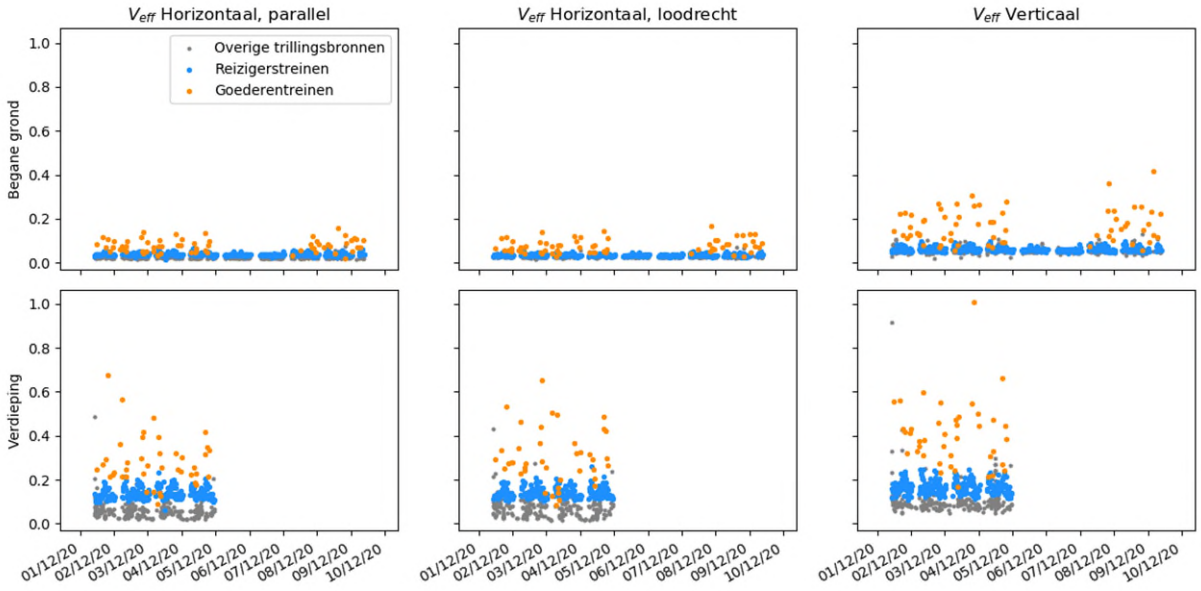
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Frederiksz*
3	Tijdsperiode meting	*1-12-2020 t/m 9-12-2020*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geenb*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 75, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 76.



Figuur 75: Opstelling sensoren



Figuur 76: Meetresultaten

VII.18.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 52. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 52: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	0.03	0.03	0.04
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04	0.05
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.03	0.03	0.03
Vmax, goederen	0.14	0.13	0.29	0.53	0.56	0.77
Vmax, reizigers	0.09	0.08	0.15	0.33	0.33	0.40
R, goederen	8	8	8	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	5	5	5
Vmax	0.14	0.13	0.29	0.53	0.56	0.77

VII.18.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 53.

Tabel 53: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.01	<0.01	0.02	0.06	0.06	0.07
Vper, avond	0.01	0.01	0.02	0.06	0.06	0.07
Vper, nacht	0.01	<0.01	0.01	0.04	0.04	0.05
Vmax, goederen	0.15	0.14	0.31	0.56	0.59	0.81
Vmax, reizigers	0.20	0.18	0.25	0.73	0.67	0.81
R, goederen	8	8	8	10	10	10
R, reizigers	4	4	4	5	5	5
Vmax	0.20	0.18	0.31	0.73	0.67	0.81

De Q-waarde bedraagt 1.1. De trillingsterkte neemt met minder dan 30 procent toe, vooral doordat goederentreinen in de toekomst iets harder rijden.

VII.18.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met minder dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. Ook de trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie worden daarom geen maatregelen afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.19 Onderstehofweg 1, Reuver

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 77.

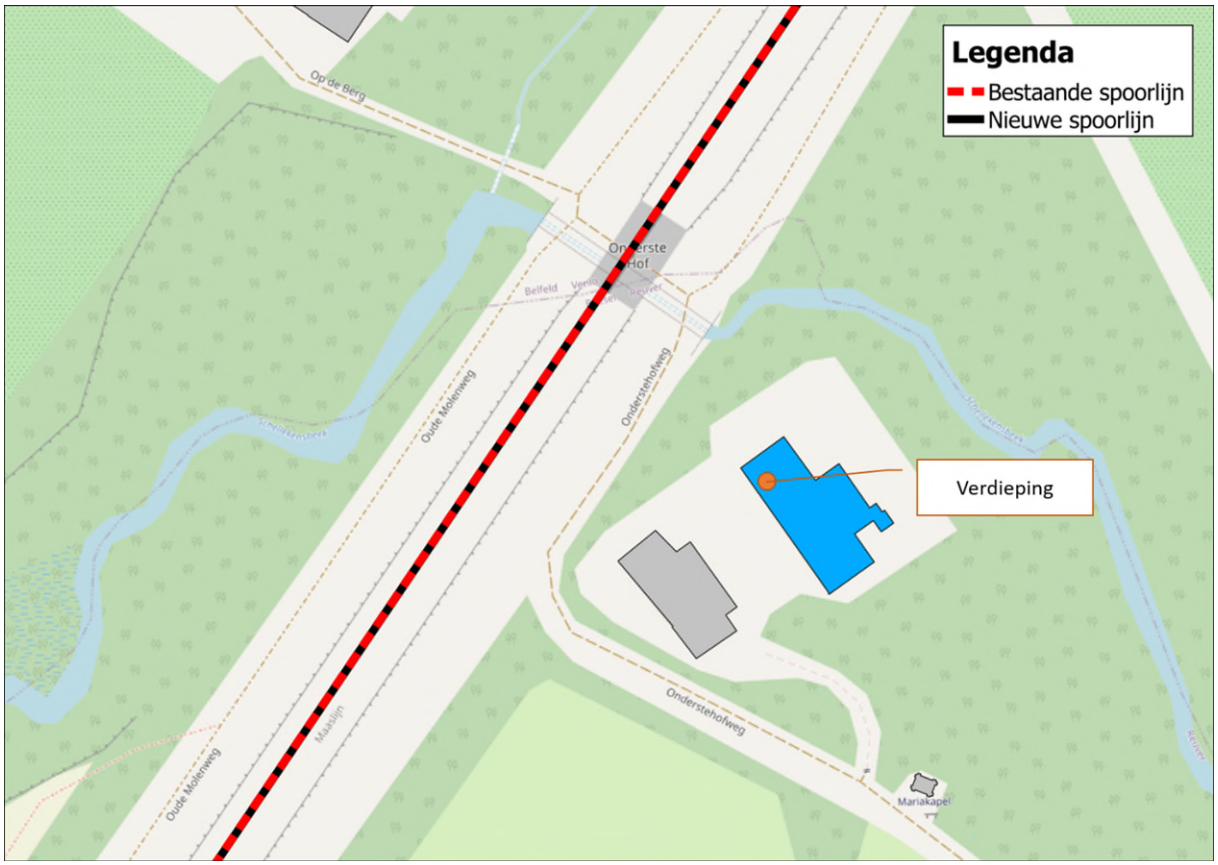


Figuur 77: Gevel (rechtse gebouw, niet goed zichtbaar tussen de bomen)

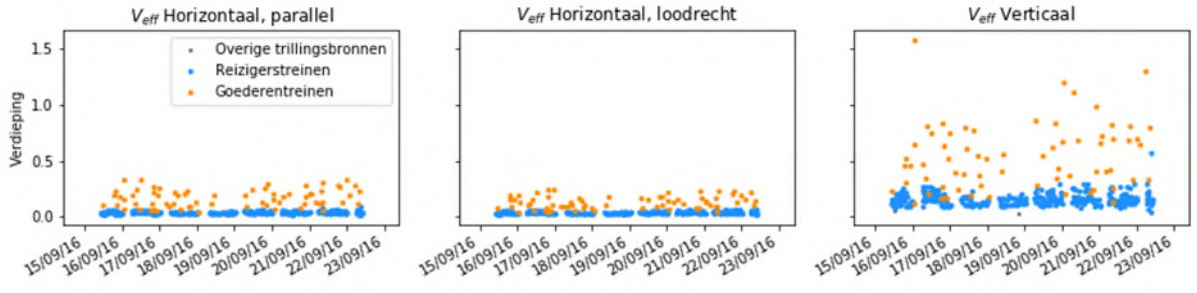
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*15-9-2016 t/m 22-9-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Een 3D-geofoon*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorpositie en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 78, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 79. Alleen de resultaten van de metingen op de verdieping (maatgevend punt) zijn gebruikt, de meetresultaten op de begane grond waren niet meer beschikbaar.



Figuur 78: Opstelling sensoren



Figuur 79: Meetresultaten

VII.19.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 54. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 54: Resultaten bestaande situatie

	Verdieping		
	X	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.01	0.01	0.04
Vper, avond	0.01	0.01	0.04
Vper, nacht	0.01	0.01	0.04
Vmax, goederen	0.32	0.25	0.97
Vmax, reizigers	0.09	0.08	0.34
R, goederen	9	9	9
R, reizigers	5	5	5
Vmax	0.32	0.25	0.97

VII.19.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 55.

Tabel 55: Resultaten plansituatie

	Verdieping		
	X	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.01	0.01	0.05
Vper, avond	0.02	0.01	0.05
Vper, nacht	0.01	0.01	0.04
Vmax, goederen	0.34	0.26	1.02
Vmax, reizigers	0.19	0.18	0.53
R, goederen	9	9	9
R, reizigers	5	5	5
Vmax	0.34	0.26	1.02

De Q-waarde bedraagt 1.0. De trillingsterkte blijft vrijwel gelijk aan de huidige situatie.

VII.19.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie ook lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.20 Rijksweg 15, Reuver

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 80.

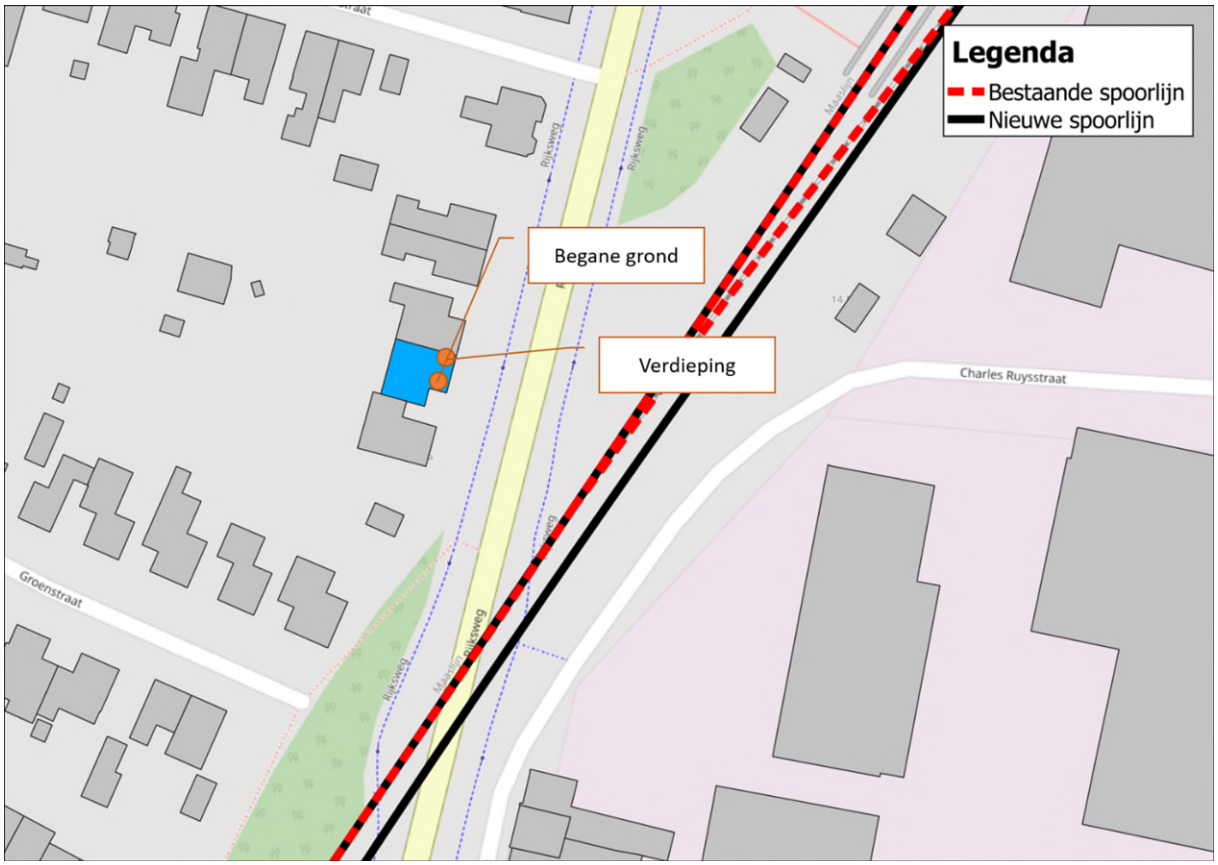


Figuur 80: Gevel

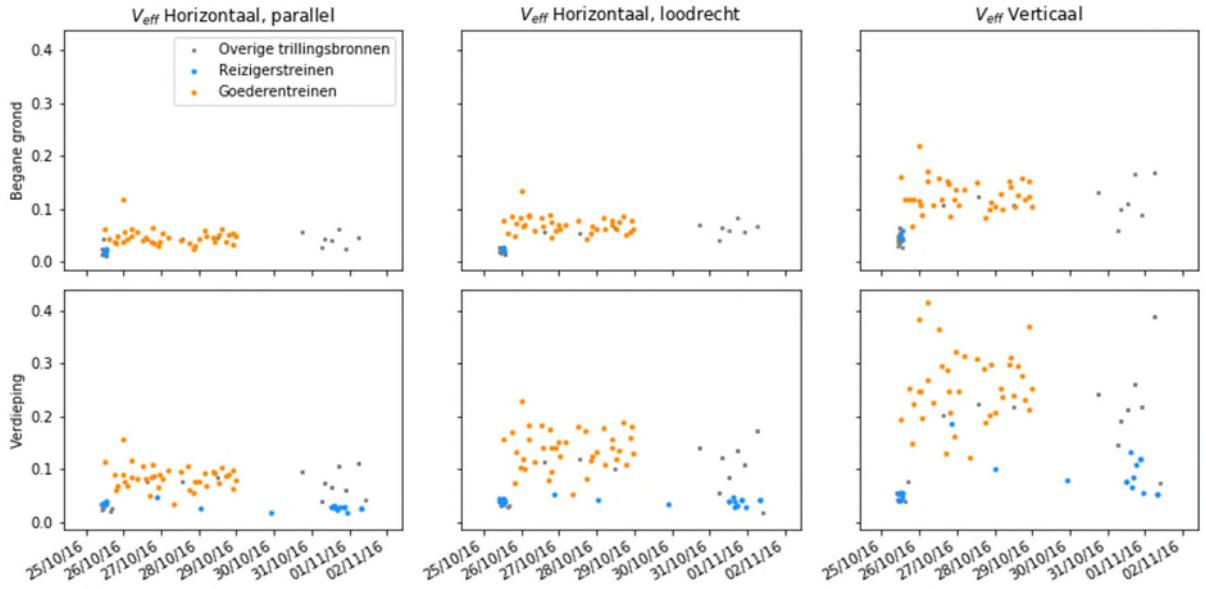
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*25-10-2016 t/m 1-11-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 81, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 82.



Figuur 81: Opstelling sensoren



Figuur 82: Meetresultaten

VII.20.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 56. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 56: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02
Vmax, goederen	0.09	0.14	0.24	0.15	0.24	0.46
Vmax, reizigers	0.03	0.04	0.07	0.05	0.06	0.12
R, goederen	12	12	12	11	11	11
R, reizigers	30	30	30	17	17	17
Vmax	0.09	0.14	0.24	0.15	0.24	0.46

VII.20.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 57.

Tabel 57: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02
Vmax, goederen	0.09	0.14	0.24	0.15	0.24	0.46
Vmax, reizigers	0.06	0.06	0.11	0.09	0.12	0.19
R, goederen	12	12	12	11	11	11
R, reizigers	30	30	30	15	15	15
Vmax	0.09	0.14	0.24	0.15	0.24	0.46

De Q-waarde bedraagt 1.2. De trillingsterkte blijft gelijk aan de huidige situatie. Door het beperkte aantal goederentreinen is sprake van een hoge *R*-waarde, waardoor er rekenkundig wel een toename van de trillingssterkte is. Deze treedt in werkelijkheid echter niet op.

VII.20.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de bestaande situatie. Ook de trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.21 Spoorkamp 63, Reuver

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 83.

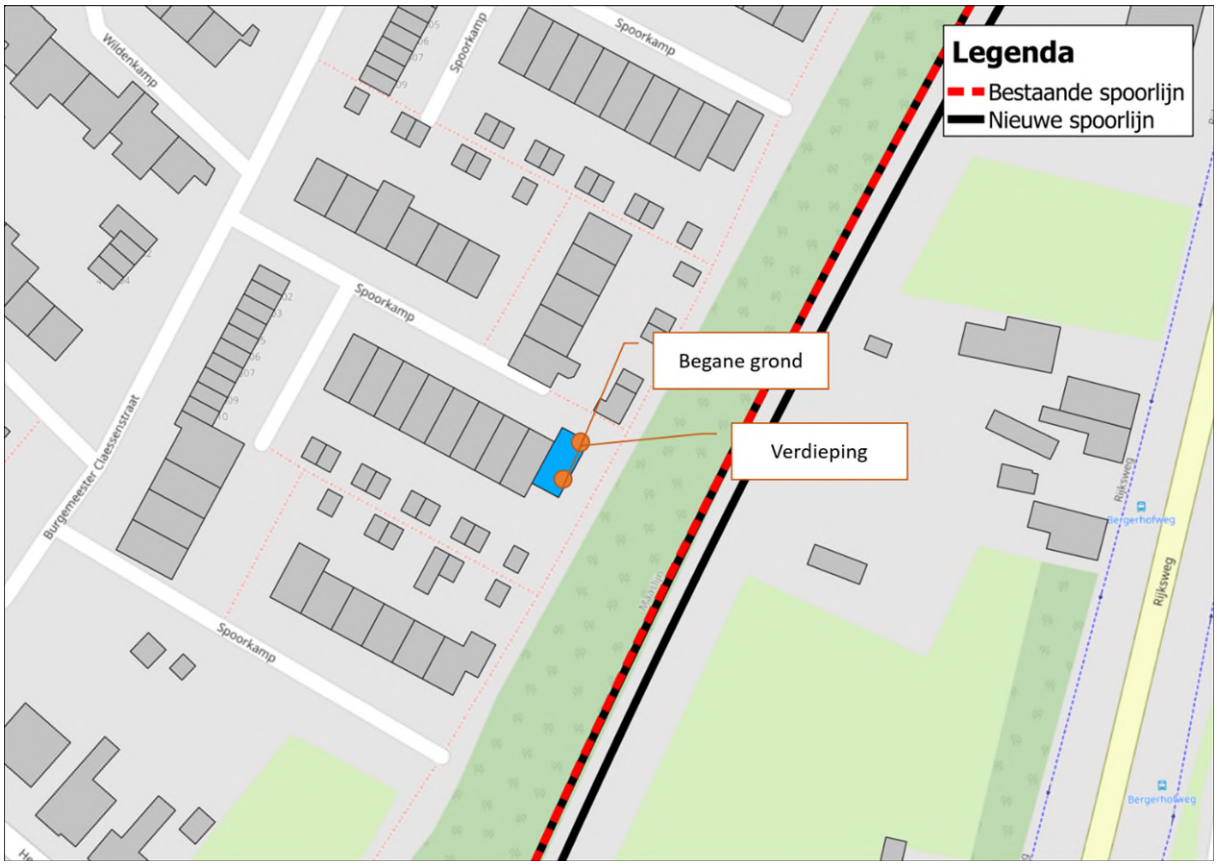


Figuur 83: Gevel

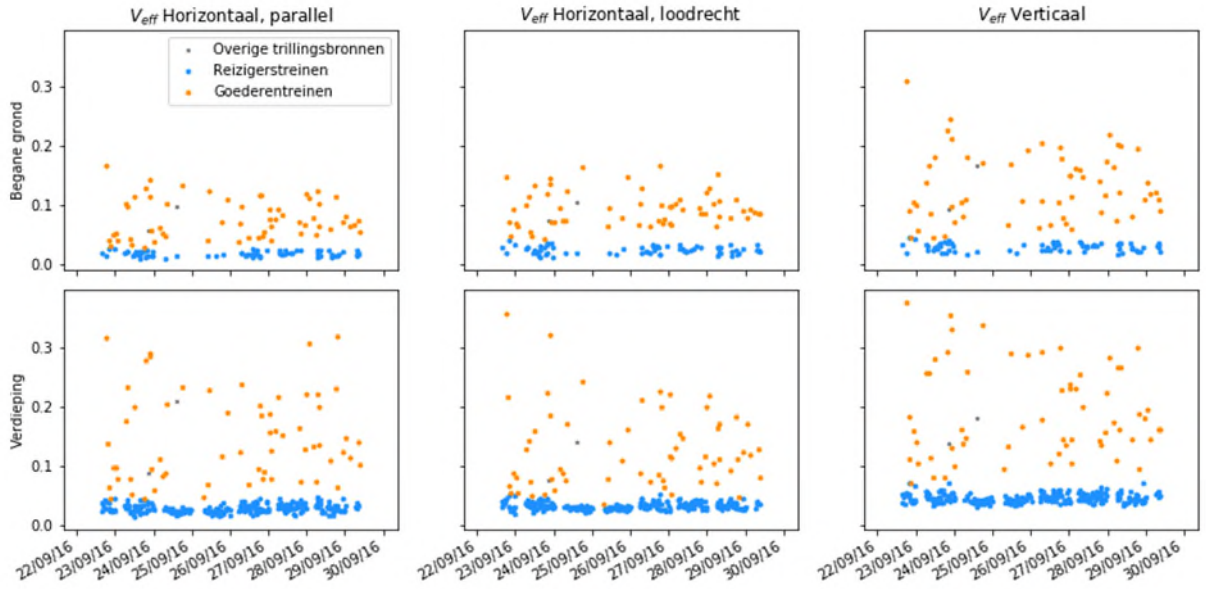
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*22-9-2016 t/m 29-9-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 84, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 85.



Figuur 84: Opstelling sensoren



Figuur 85: Meetresultaten

VII.21.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 58. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 58: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vmax, goederen	0.15	0.19	0.26	0.28	0.25	0.37
Vmax, reizigers	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.11
R, goederen	10	10	10	9	9	9
R, reizigers	8	8	8	8	8	8
Vmax	0.15	0.19	0.26	0.28	0.25	0.37

VII.21.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 59.

Tabel 59: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Vper, avond	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vmax, goederen	0.15	0.19	0.26	0.28	0.25	0.37
Vmax, reizigers	0.11	0.12	0.14	0.17	0.18	0.26
R, goederen	10	10	10	9	9	9
R, reizigers	8	8	8	5	5	5
Vmax	0.15	0.19	0.26	0.28	0.25	0.37

De Q-waarde bedraagt 1.0. De trillingsterkte blijft gelijk aan de huidige situatie.

VII.21.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie ook lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.22 Ranonkelstraat 33, Reuver

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 86.

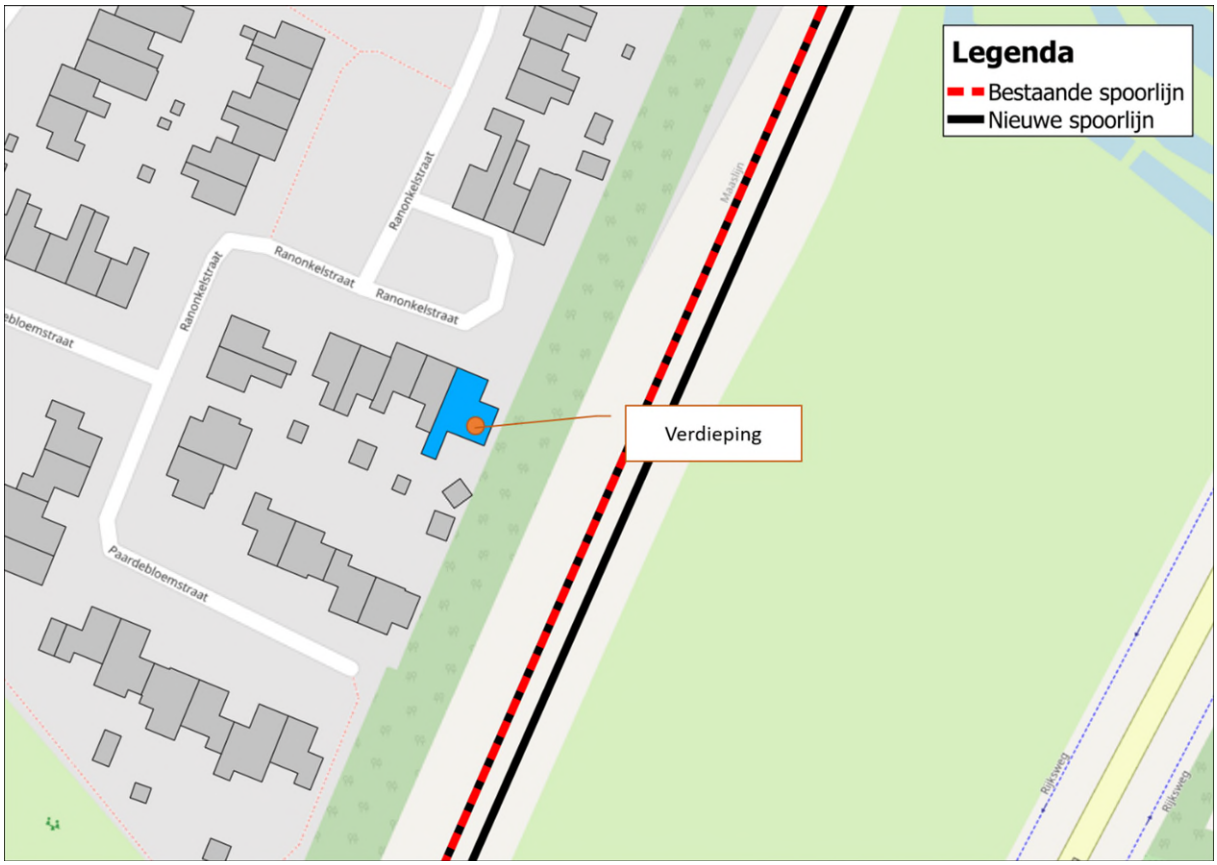


Figuur 86: Gevel

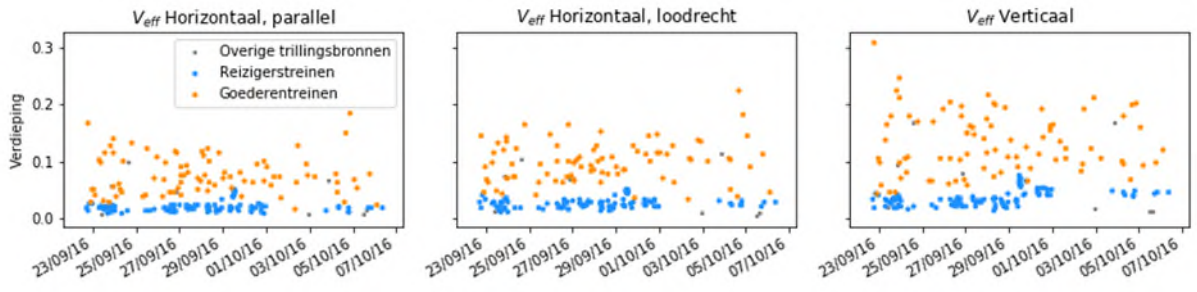
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*29-9-2016 t/m 6-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Drielaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Een 3D-geofoon*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorpositie en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 87, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 88. Alleen de resultaten van de metingen op de verdieping (maatgevend punt) zijn gebruikt, de meetresultaten op de begane grond waren niet meer beschikbaar.



Figuur 87: Opstelling sensoren



Figuur 88: Meetresultaten

VII.22.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 60. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 60: Resultaten bestaande situatie

	Verdieping		
	X	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, goederen	0.15	0.19	0.25
Vmax, reizigers	0.05	0.07	0.10
R, goederen	8	8	8
R, reizigers	14	14	14
Vmax	0.15	0.19	0.25

VII.22.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 61.

Tabel 61: Resultaten plansituatie

	Verdieping		
	X	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01
Vper, avond	<0.01	0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.01
Vmax, goederen	0.15	0.19	0.25
Vmax, reizigers	0.10	0.12	0.16
R, goederen	8	8	8
R, reizigers	7	7	7
Vmax	0.15	0.19	0.25

De Q-waarde bedraagt 1.0. De trillingsterkte blijft vrijwel gelijk aan de huidige situatie.

VII.22.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet voelbaar toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie ook lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.23 Oude Bosweg 2, Beesel

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 89.

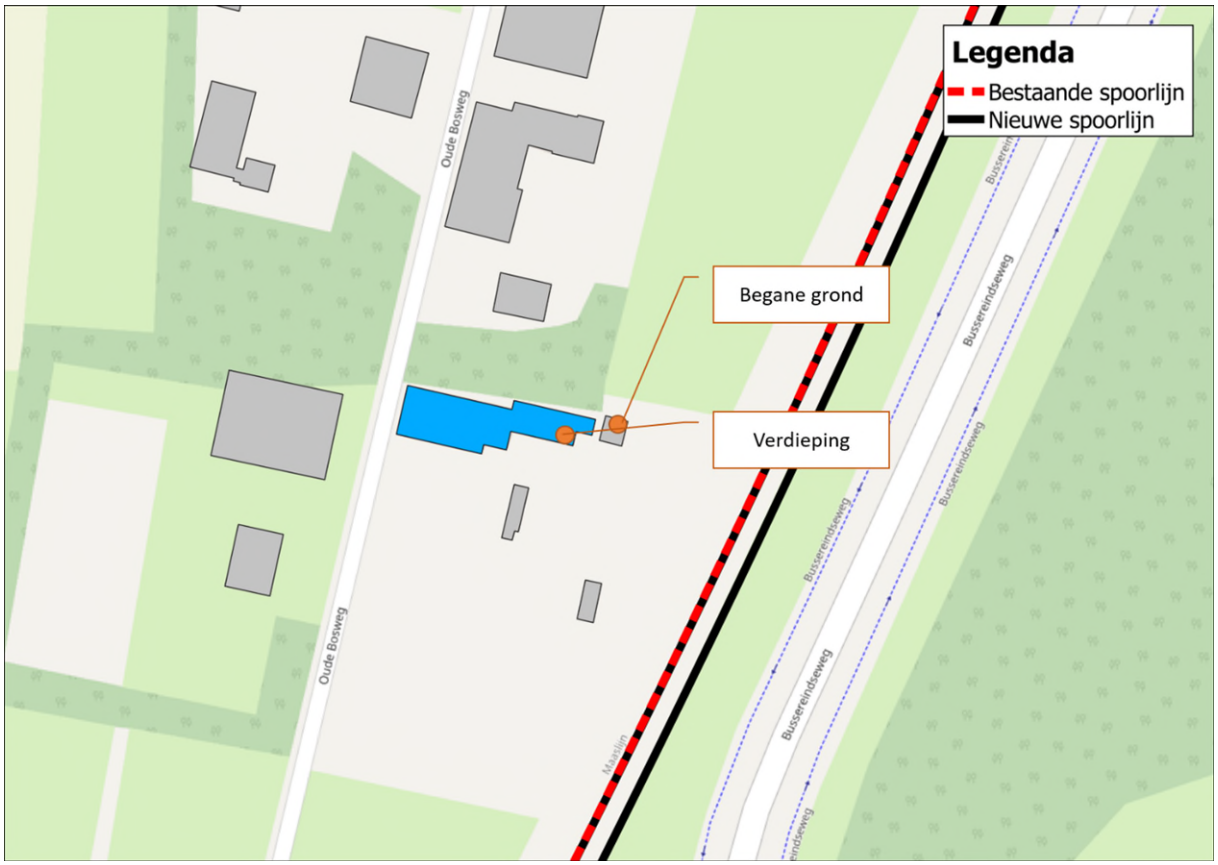


Figuur 89: Gevel

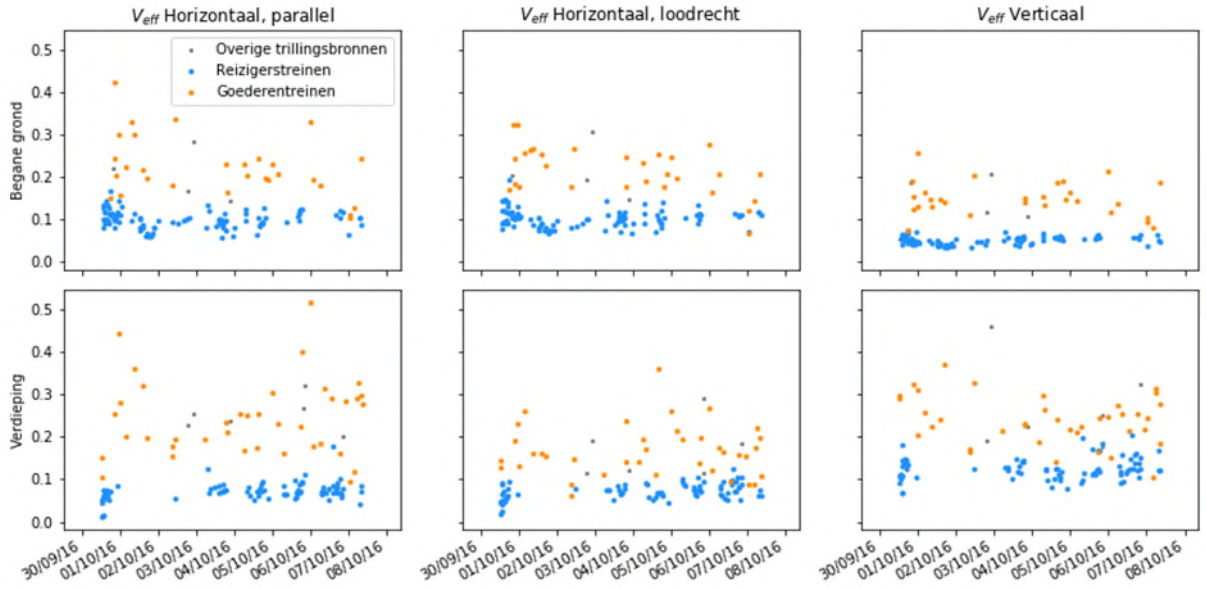
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*30-9-2016 t/m 7-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 90, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 91.



Figuur 90: Opstelling sensoren



Figuur 91: Meetresultaten

VII.23.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 62. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 62: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.02
Vper, avond	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax, goederen	0.40	0.40	0.27	0.44	0.30	0.44
Vmax, reizigers	0.20	0.20	0.10	0.14	0.14	0.24
R, goederen	13	13	13	11	11	11
R, reizigers	7	7	7	7	7	7
Vmax	0.40	0.40	0.27	0.44	0.30	0.44

VII.23.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 63.

Tabel 63: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03
Vper, avond	0.02	0.02	<0.01	0.01	0.01	0.02
Vper, nacht	0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01
Vmax, goederen	0.40	0.40	0.27	0.44	0.30	0.44
Vmax, reizigers	0.58	0.51	0.23	0.33	0.32	0.52
R, goederen	13	13	13	11	11	11
R, reizigers	7	7	7	7	7	7
Vmax	0.58	0.51	0.27	0.44	0.32	0.52

De Q-waarde bedraagt 1.6/ De trillingsterkte neemt toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel, en door een verhoging van de rijsnelheid. In de huidige situatie zijn goederentreinen bepalend voor de trillingssterkte, na uitvoering van het project zijn dat de reizigerstreinen.

VII.23.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie wel lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie moeten maatregelen worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.24 Bussereindseweg 54, Beesel

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 92.

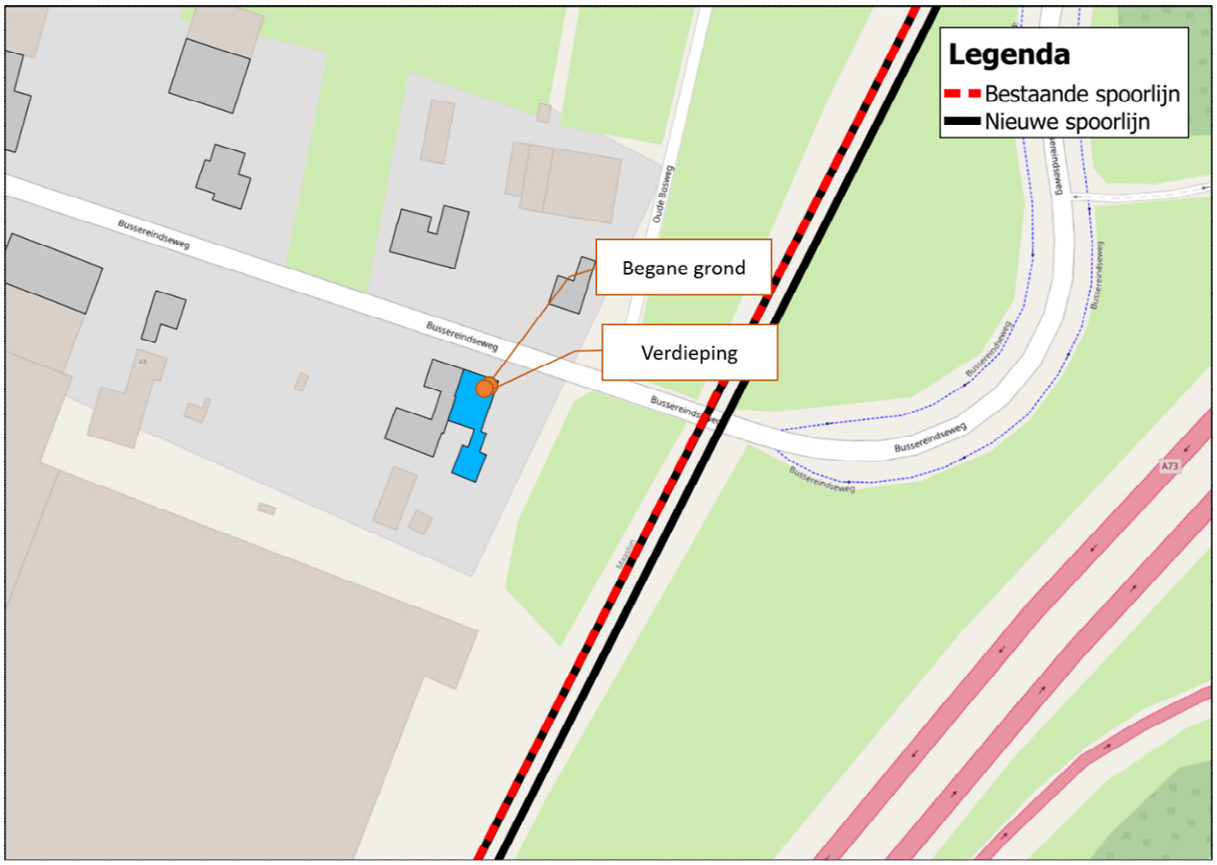


Figuur 92: Gevel

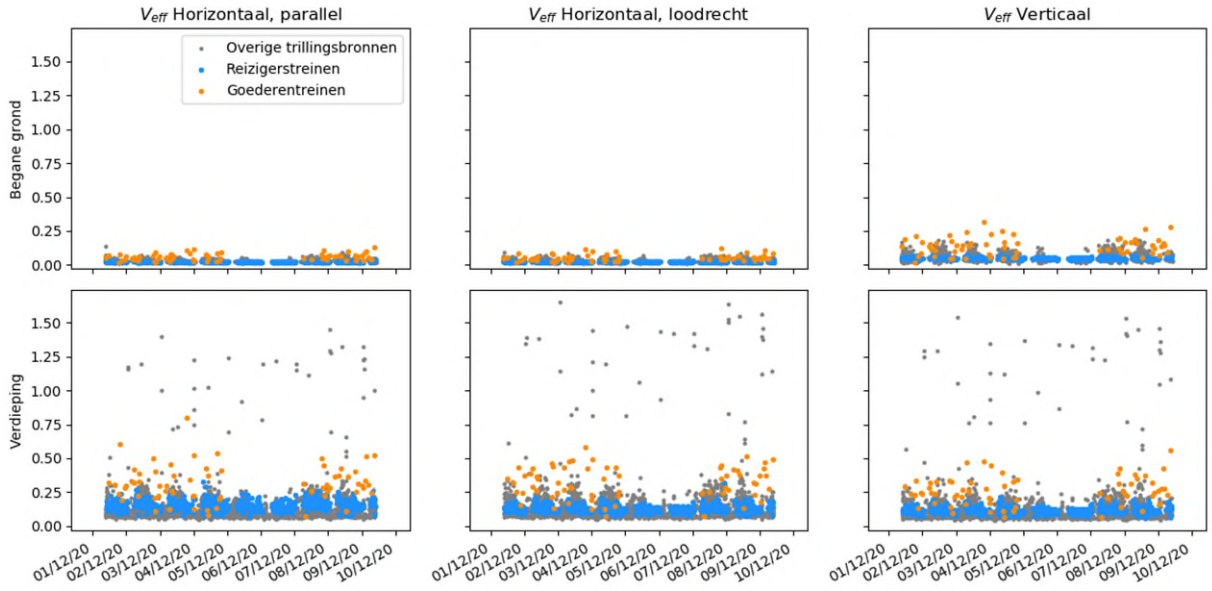
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht.

1	Uitvoerende organisatie	*Movares Nederland B.V.*
2	Meting uitgevoerd door	*Andre Frederiksz*
3	Tijdsperiode meting	*1-12-2020 t/m 9-12-2020*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Twee 3D-geofoons*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Verkeer over de spoorwegovergang geeft ook hoge trillingen*

Een overzicht van de gebruikte sensorposities en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 93, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 94.



Figuur 93: Opstelling sensoren



Figuur 94: Meetresultaten

VII.24.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 64. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 64: Resultaten bestaande situatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.03	0.03
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	0.04	0.03	0.03
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.02	0.02
Vmax, goederen	0.10	0.09	0.23	0.55	0.56	0.46
Vmax, reizigers	0.06	0.06	0.12	0.36	0.31	0.28
R, goederen	8	8	8	8	8	8
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.10	0.09	0.23	0.55	0.56	0.46

VII.24.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 65.

Tabel 65: Resultaten plansituatie

	Fundering			Verdieping		
	X	**Y**	**Z**	**X**	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.01	0.06	0.05	0.04
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.01	0.06	0.05	0.04
Vper, nacht	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.03	0.03
Vmax, goederen	0.10	0.09	0.23	0.55	0.56	0.46
Vmax, reizigers	0.16	0.14	0.22	0.76	0.64	0.53
R, goederen	8	8	8	8	8	8
R, reizigers	4	4	4	4	4	4
Vmax	0.16	0.14	0.23	0.76	0.64	0.53

De Q-waarde bedraagt 1.4. De trillingsterkte neemt met meer dan 30 procent toe, vooral doordat het huidige dieselmaterieel in de toekomst vervangen wordt door elektrisch materieel en doordat de rijsnelheid omhoog gaat.

VII.24.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie met meer dan 30 procent toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie wel lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie dienen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

VII.25 Hawinkel 3, Swalmen

Deze meetlocatie heeft de functie *Wonen*, een foto van dit gebouw is weergegeven in Figuur 95.



Figuur 95: Gevel

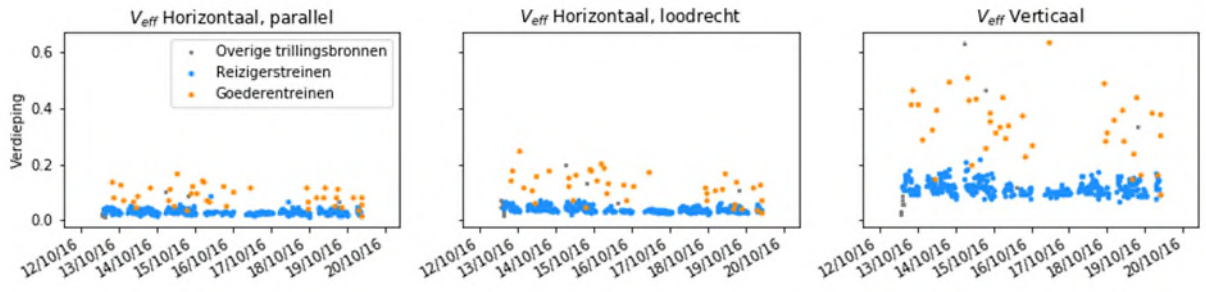
De gegevens van de metingen zijn opgenomen in onderstaand overzicht

1	Uitvoerende organisatie	*DPA (nu Cauberg Huygen)*
2	Meting uitgevoerd door	*Onbekend*
3	Tijdsperiode meting	*12-10-2016 t/m 19-10-2016*
4	Type trillingsbron	*Treinen*
5	Gebouwomschrijving	*Tweelaags gebouw, opgebouwd uit metselwerk*
6	Locatie metingen	*Zie volgende pagina*
7	Geotechnische gegevens	*Zie Bijlage III*
8	Meetposities	*Zie volgende pagina*
9	Gebruikte meetopnemers	*Een 3D-geofoon*
	Gebruikte registratieapparatuur	*Redbox meetcomputer*
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	*Redbox meetcomputer*
10	Overzicht meetwaarden	*Zie volgende pagina*
11	Motivatie classificatie gebouw	*Op basis van gegevens BAG*
12	Overige relevante omstandigheden	*Geen*

Een overzicht van de gebruikte sensorpositie en de sporenlay-out is weergegeven in Figuur 96, de meetresultaten zijn weergegeven in Figuur 97. Alleen de resultaten van de metingen op de verdieping (maatgevend punt) zijn gebruikt, de meetresultaten op de begane grond waren niet meer beschikbaar.



Figuur 96: Opstelling sensoren



Figuur 97: Meetresultaten

VII.25.2 Resultaten meting

De meetresultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 66. X is horizontaal, parallel aan het spoor, Y is horizontaal, loodrecht op het spoor en Z is verticaal.

Tabel 66: Resultaten bestaande situatie

	Verdieping		
	X	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	<0.01	0.02
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.02
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.02
Vmax, goederen	0.16	0.23	0.63
Vmax, reizigers	0.07	0.09	0.27
R, goederen	11	11	11
R, reizigers	5	5	5
Vmax	0.16	0.23	0.63

VII.25.3 Resultaten berekening plansituatie

Aan de hand van de metingen en de wijzigingen tussen de bestaande situatie en de plansituatie is een berekening gemaakt voor de trillingen in de plansituatie op basis van het rekenmodel uit Bijlage VI. De trillingen in de plansituatie zijn weergegeven in Tabel 67.

Tabel 67: Resultaten plansituatie

	Verdieping		
	X	**Y**	**Z**
Vper, dag	<0.01	0.01	0.04
Vper, avond	<0.01	<0.01	0.04
Vper, nacht	<0.01	<0.01	0.02
Vmax, goederen	0.16	0.23	0.63
Vmax, reizigers	0.17	0.19	0.52
R, goederen	11	11	11
R, reizigers	5	5	5
Vmax	0.17	0.23	0.63

De Q-waarde bedraagt 1.2. De trillingsterkte neemt niet toe, maar door het beperkte aantal goederentreinen is sprake van een hoge *R*-waarde, waardoor er rekenkundig wel sprake is van een toename van de trillingssterkte. In werkelijkheid nemen de trillingen niet toe.

VII.25.4 Conclusies

De trillingssterkte V_{max} neemt in de plansituatie niet toe ten opzichte van de bestaande situatie. De trillingsintensiteit V_{per} is in de plansituatie ook lager dan de grenswaarde. Voor deze locatie behoeven geen maatregelen te worden afgewogen op doelmatigheid.

Uit de metingen en berekeningen blijkt dat de trillingssnelheid lager is dan de grenswaarde voor trillingsschade uit de SBR A-richtlijn, de kans op schade ten gevolge van treinverkeer is dus verwaarloosbaar.

Bijlage VIII – Resultaten modelberekeningen

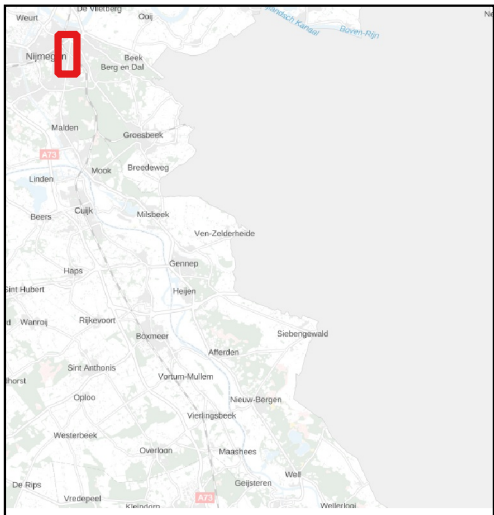
Deze bijlage bevat kaarten met de volgende onderdelen:
1. Trillingssterkte V_{max} in de bestaande situatie en de plansituatie.
2. Trillingsintensiteit V_{per} in de bestaande situatie en de plansituatie.
3. Locaties met mogelijke overschrijdingen van de Bts.
4. Trillingssnelheid V_{top} in de plansituatie (trillingsschade).

De berekeningen zijn uitgevoerd met Vibra*Dyna* (zie Bijlage I), waarbij gebruik is gemaakt van maaiveldmetingen (Bijlage V) om het model te verfijnen en woningmetingen (Bijlage VII) om de resultaten uit de modelberekeningen te corrigeren voor in woningen gemeten resultaten.

Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

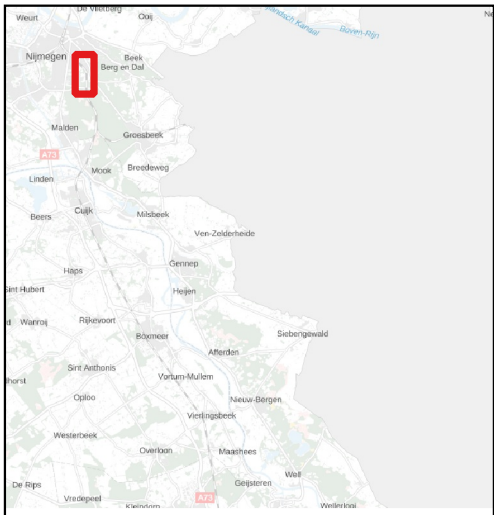
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

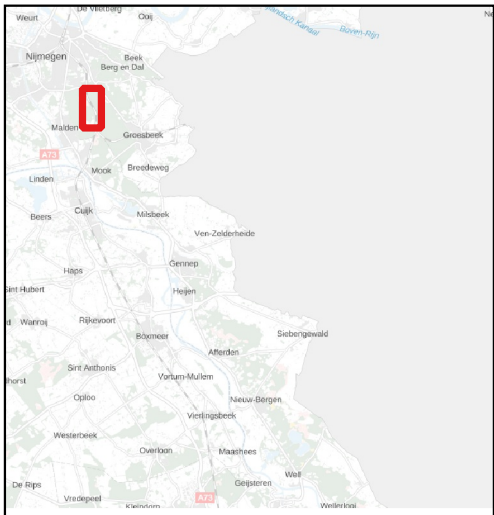
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

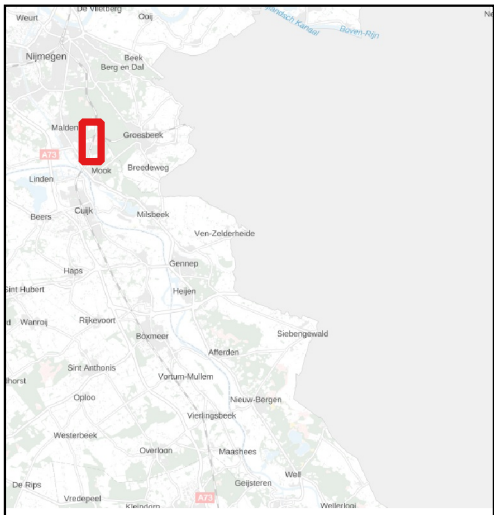
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

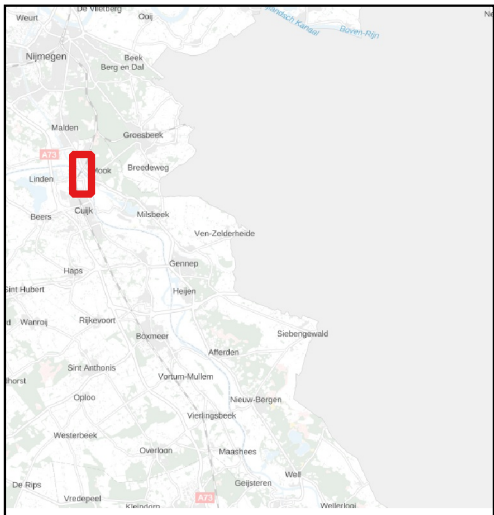
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

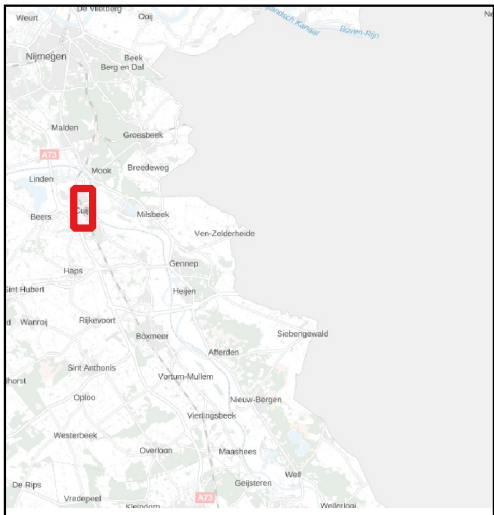
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

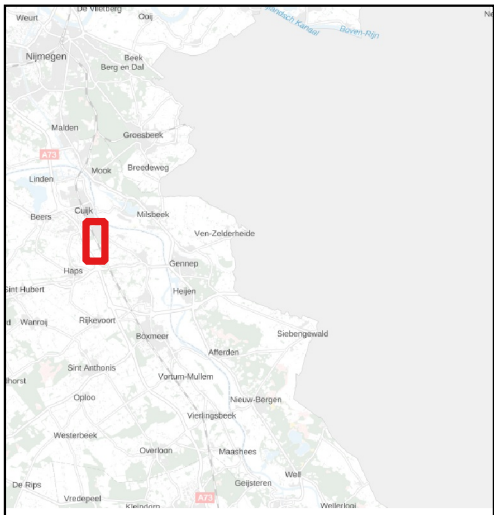
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

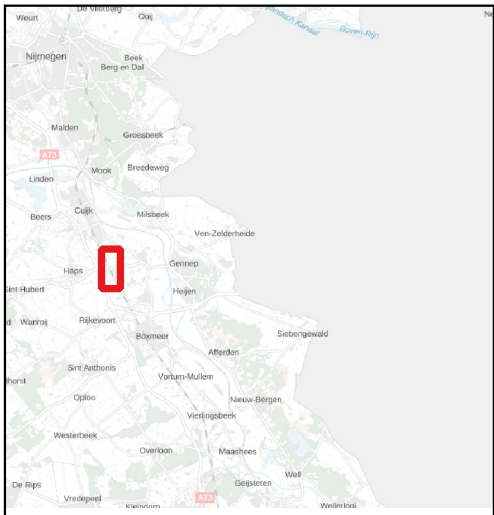
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

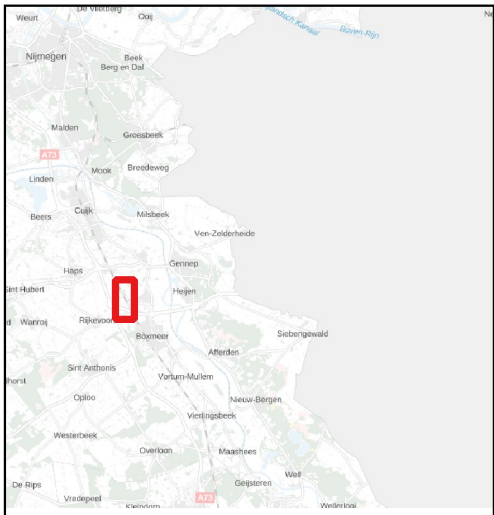
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

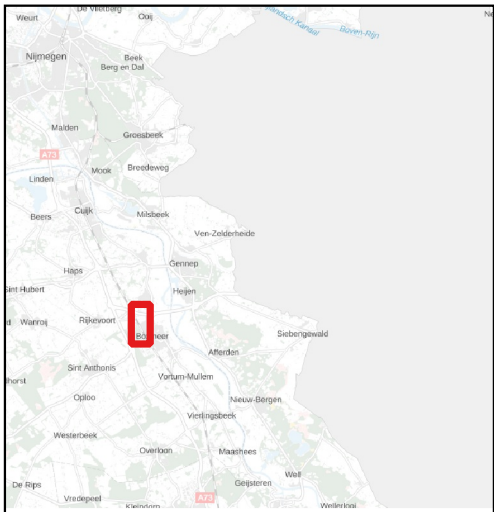
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

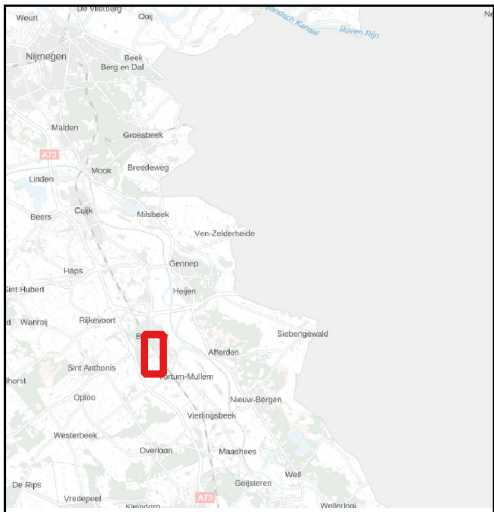
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

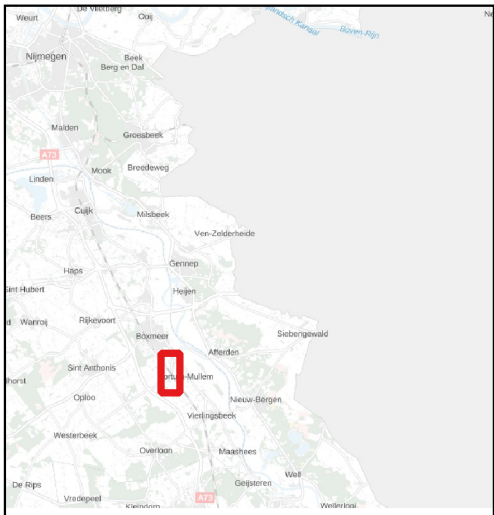
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

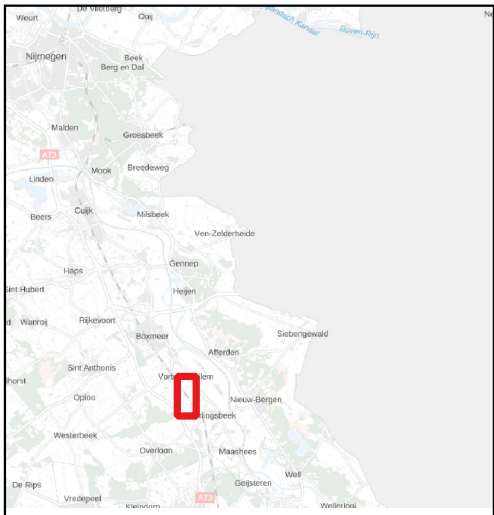
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

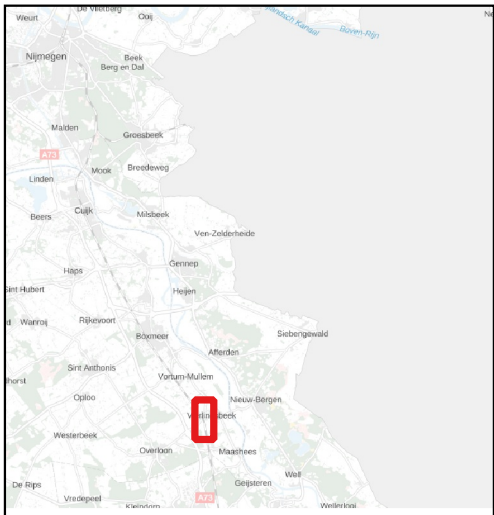
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

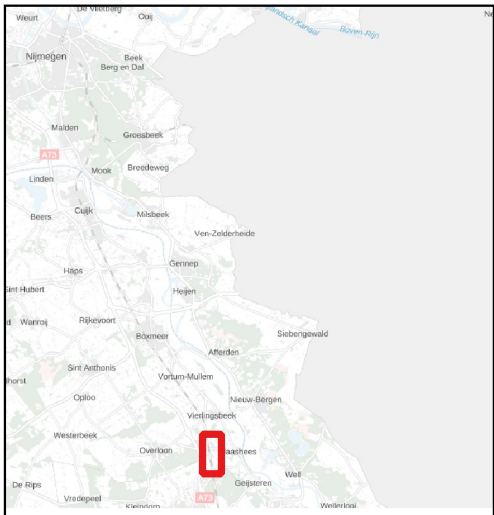
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

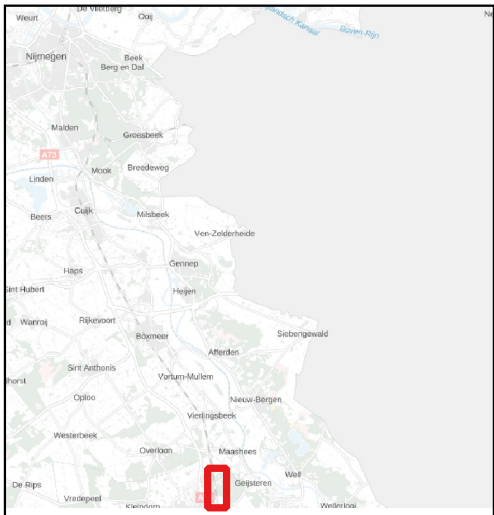
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

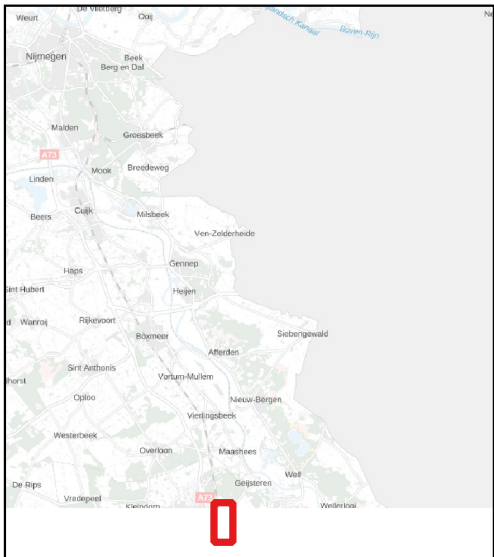
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

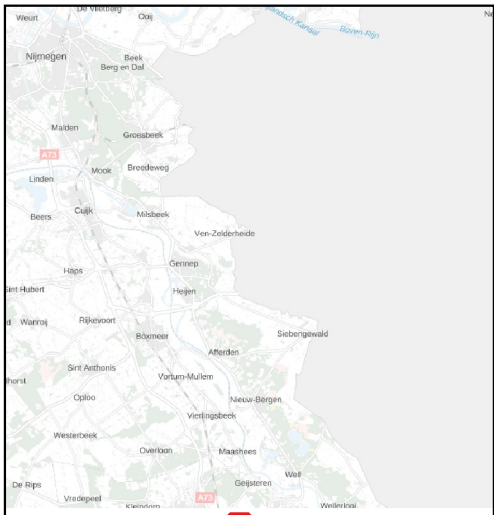
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

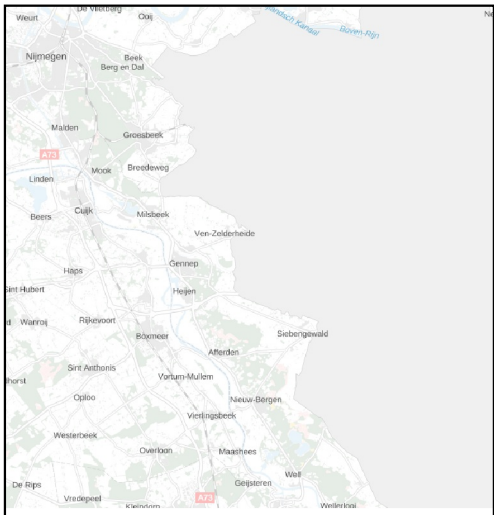
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

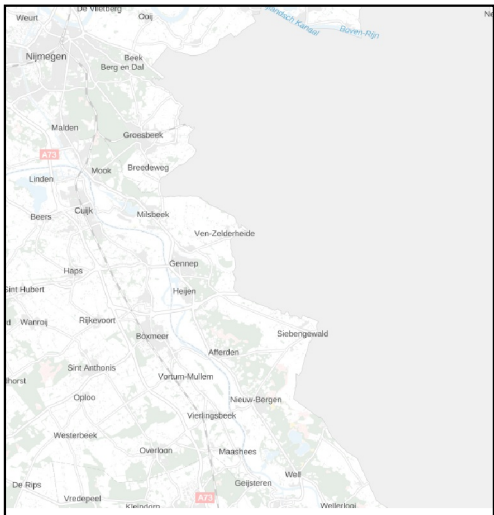
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

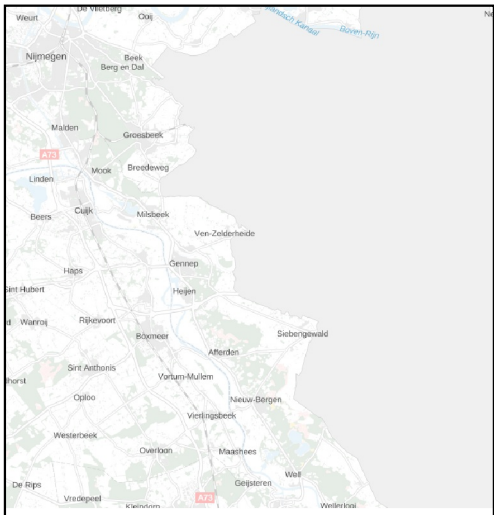
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

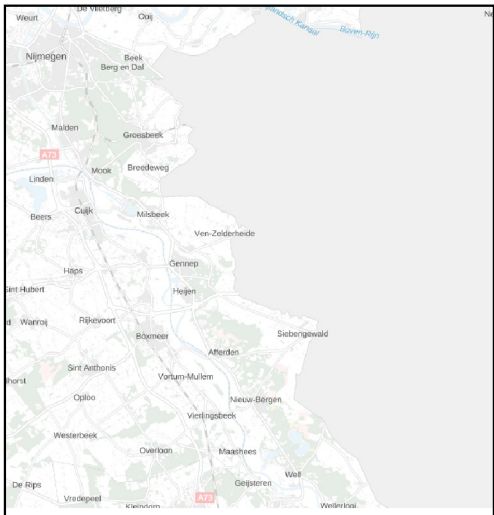
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2

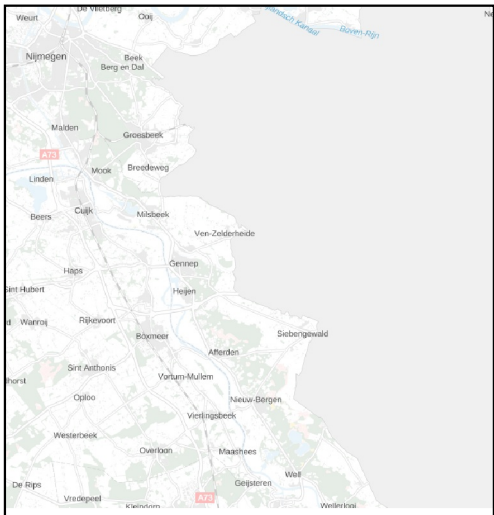


0

Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

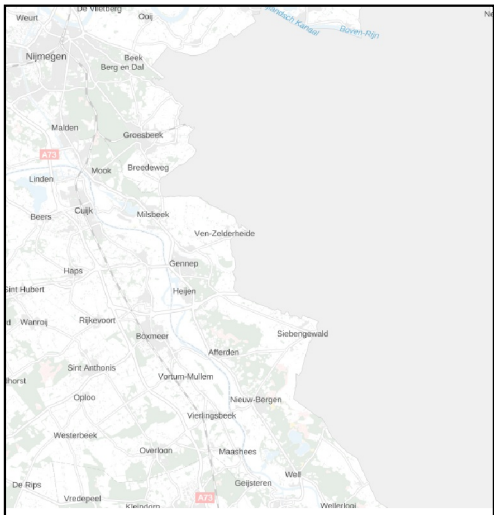
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

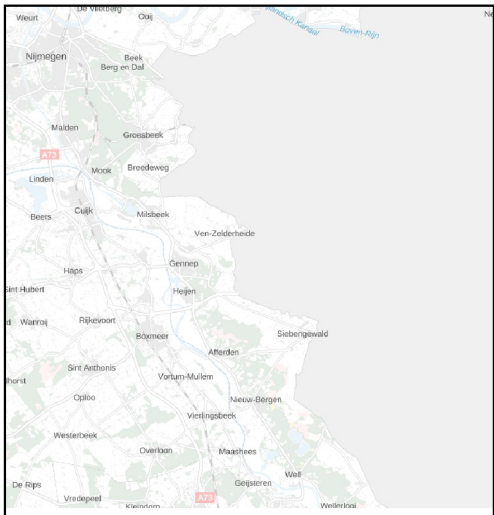
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

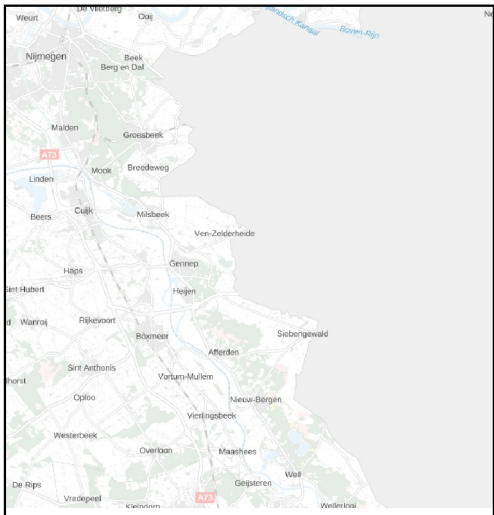
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

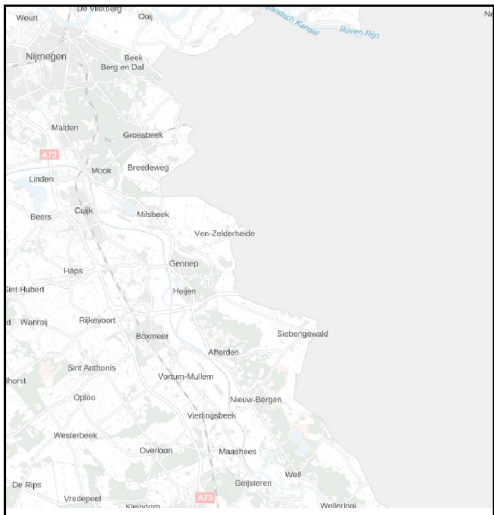
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2

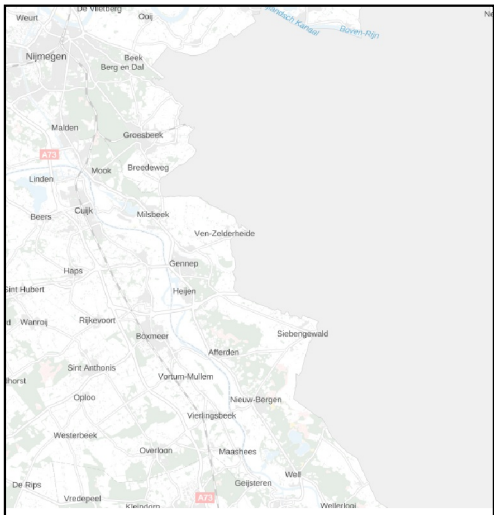


0

Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

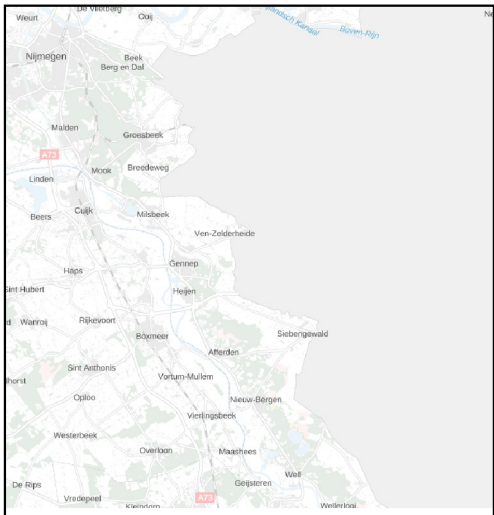
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2

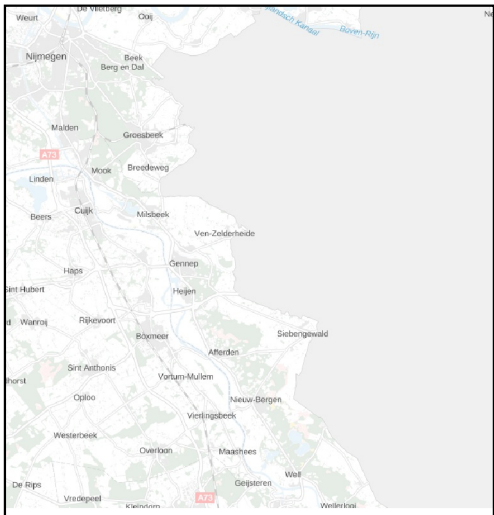


0

Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

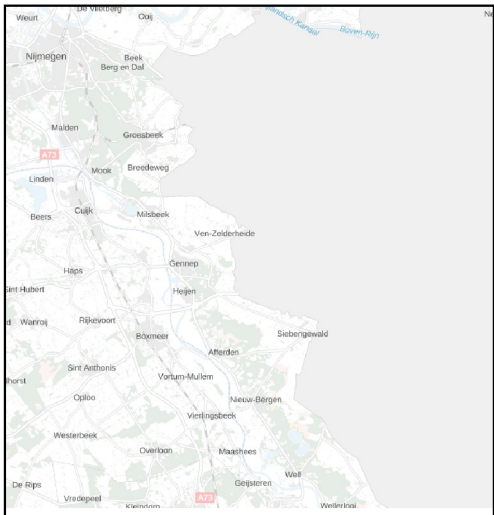
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

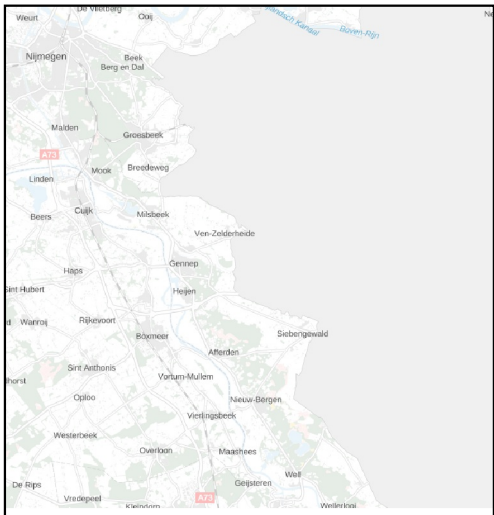
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

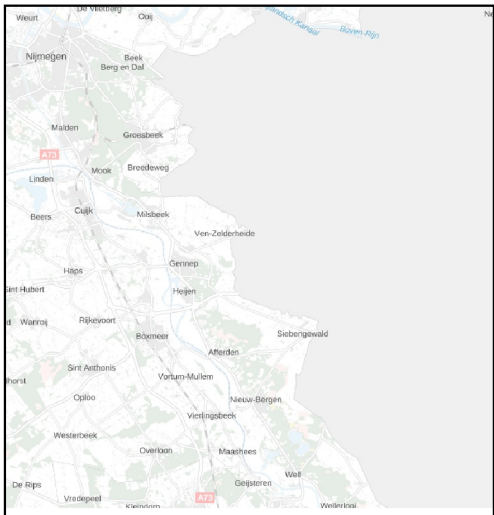
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

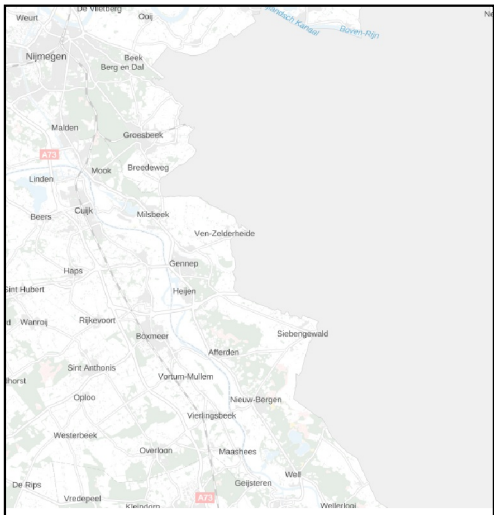
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

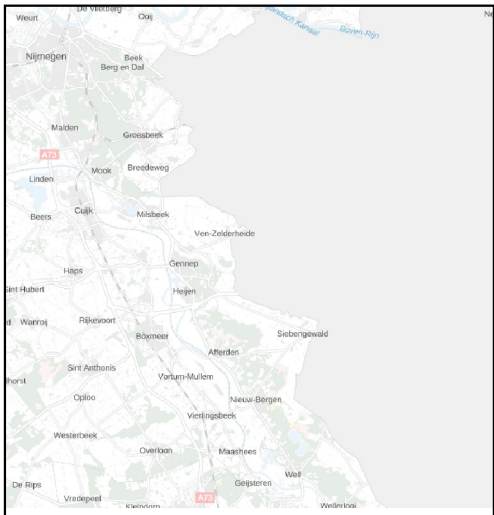
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

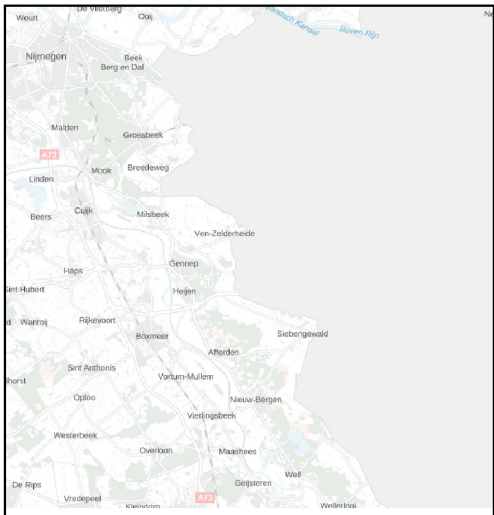
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

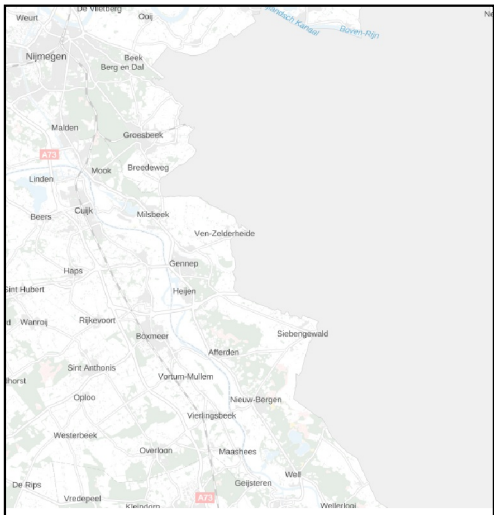
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

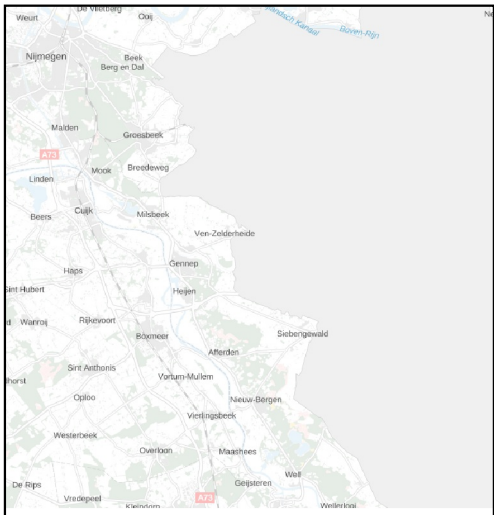
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

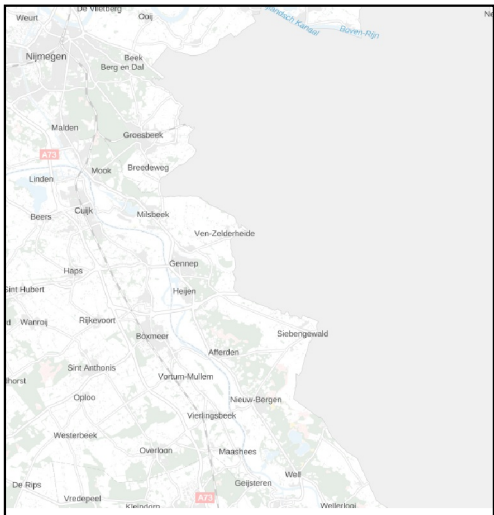
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2

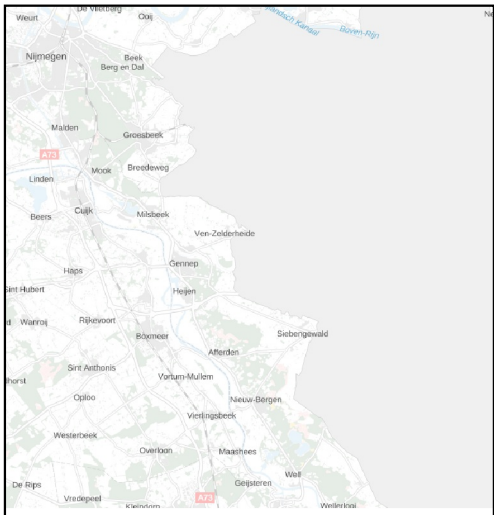


0

Huidige situatie

Trillingssterkte Vmax

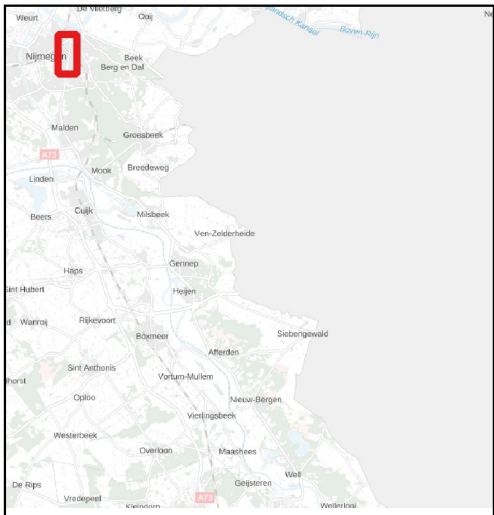
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

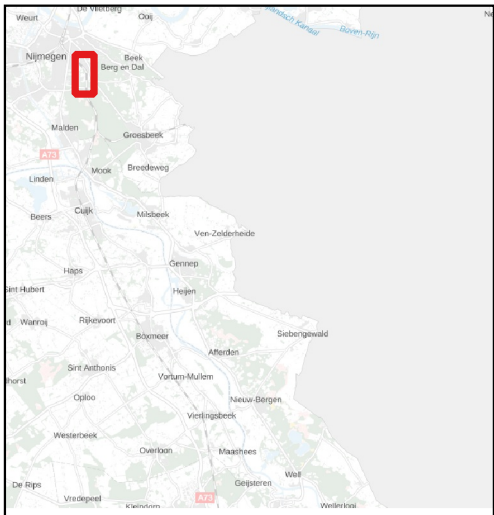
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

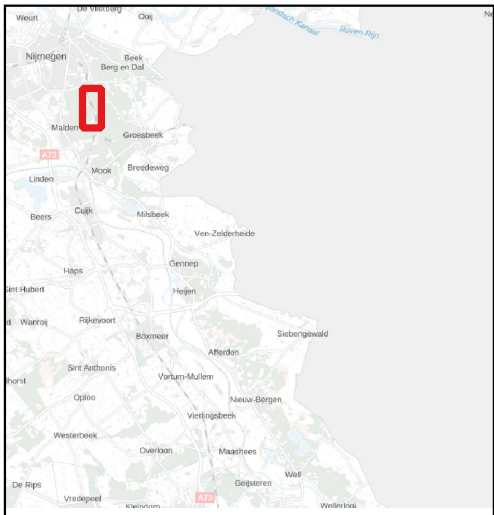
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

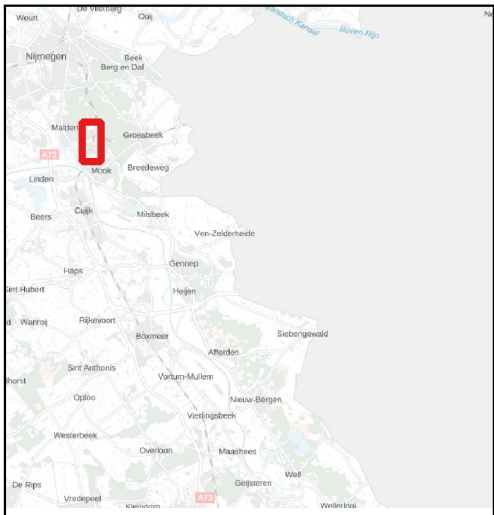
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

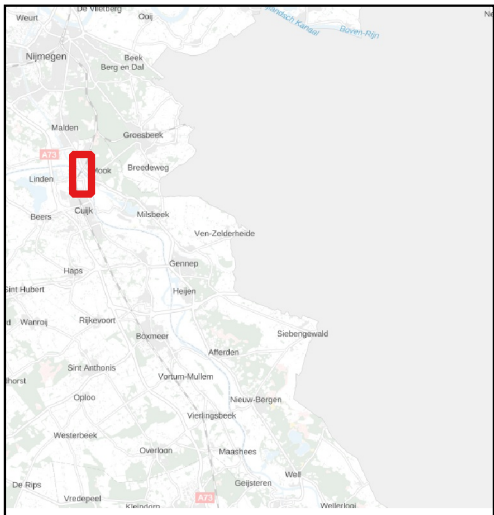
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

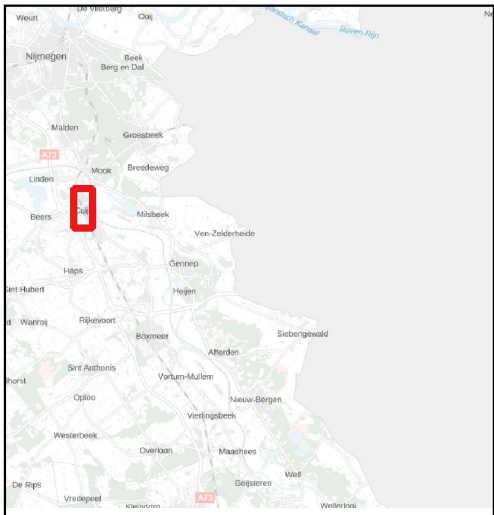
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

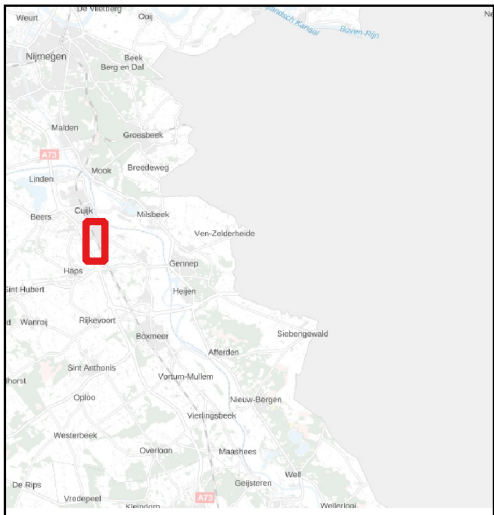
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

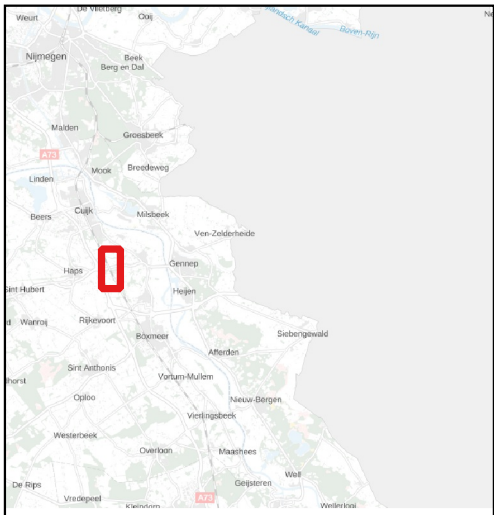
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

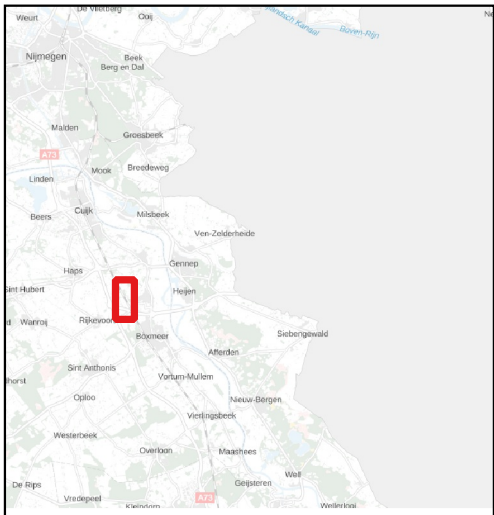
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

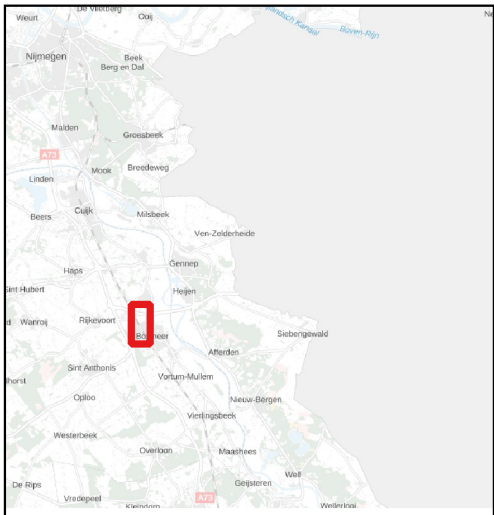
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

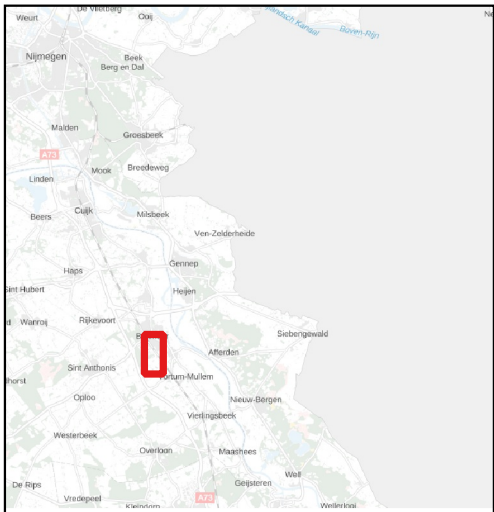
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

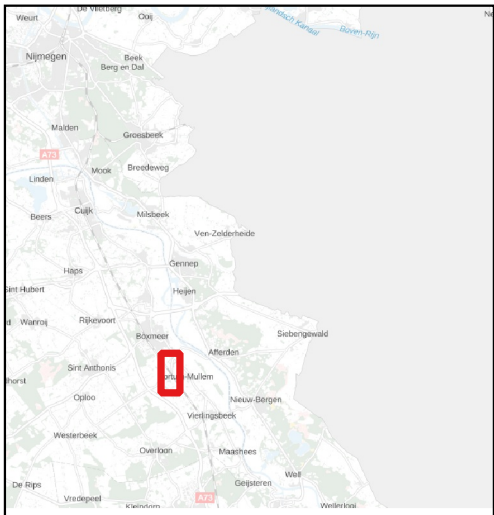
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

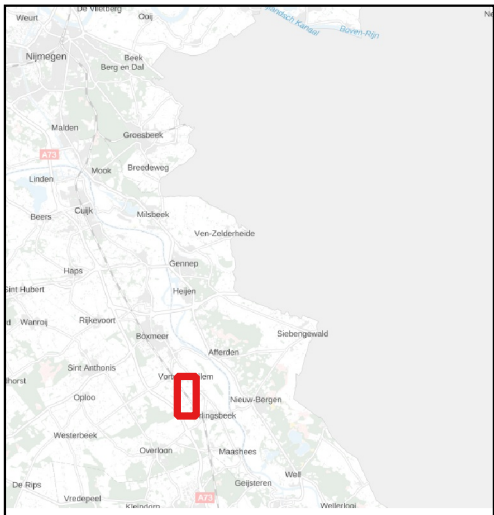
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

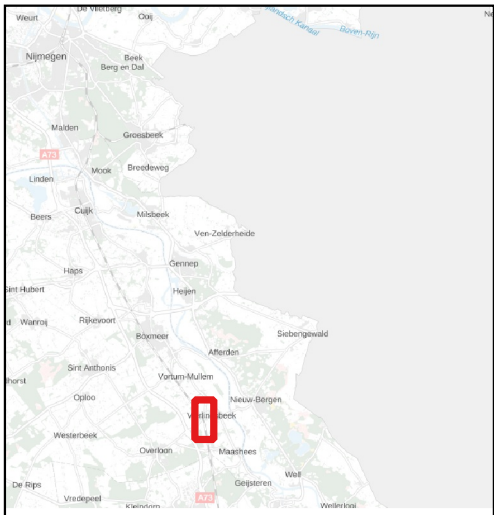
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

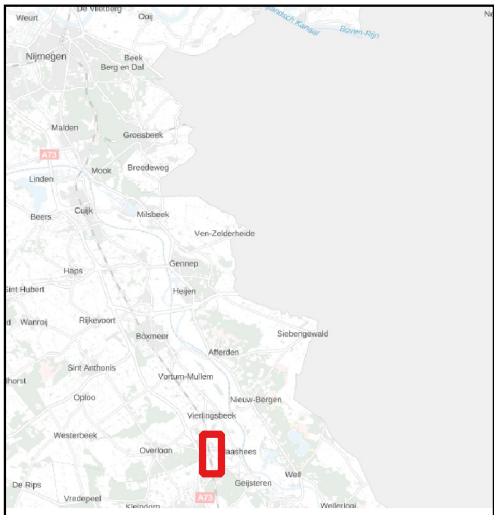
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

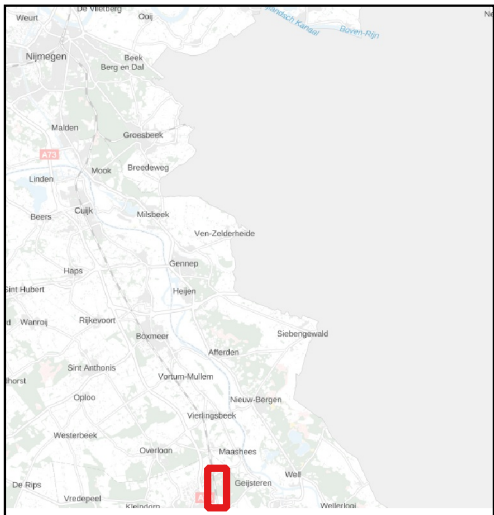
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

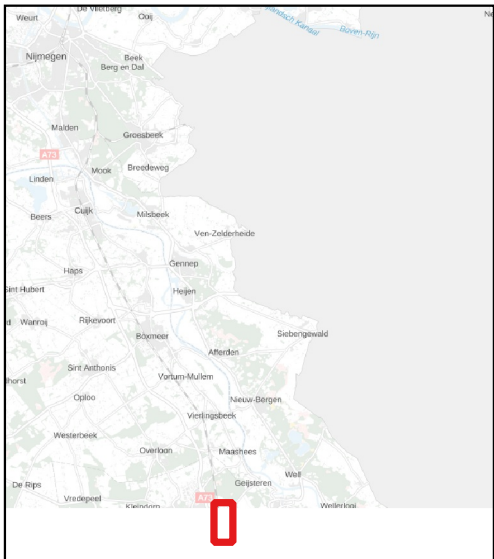
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

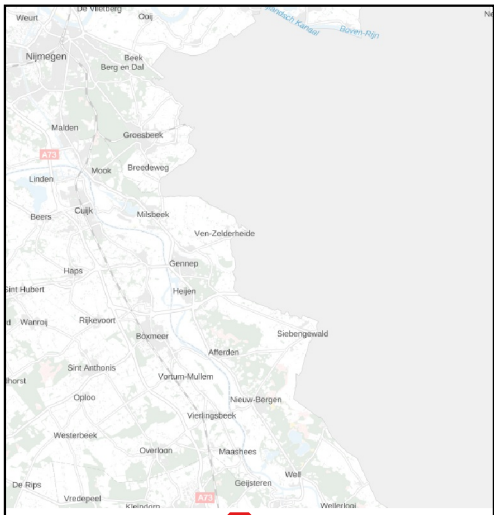
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

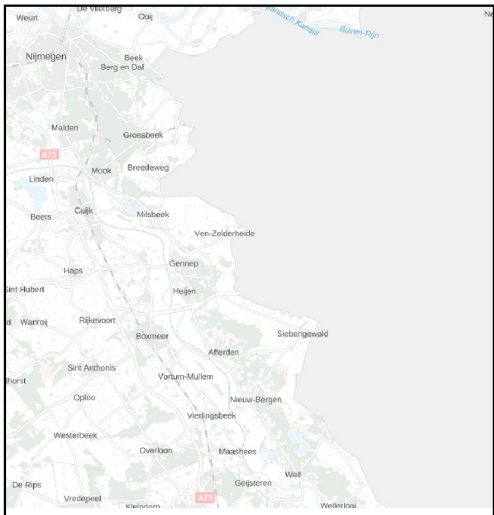
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

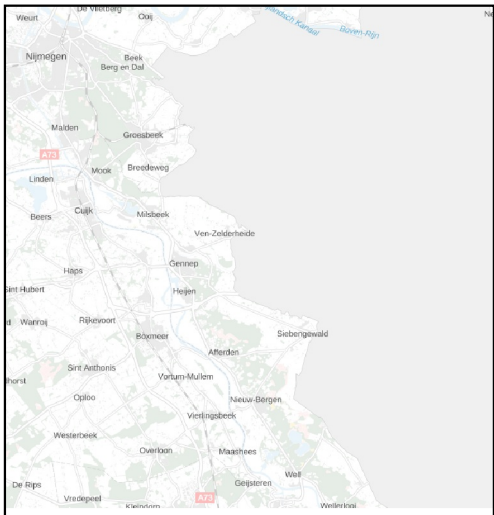
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

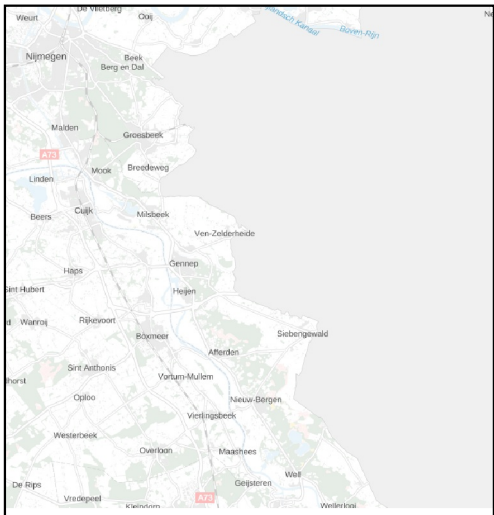
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

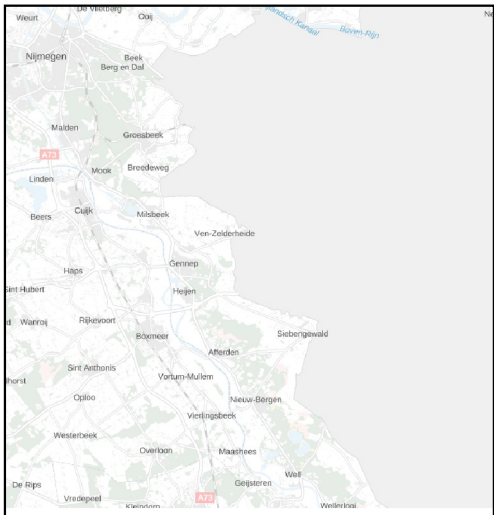
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

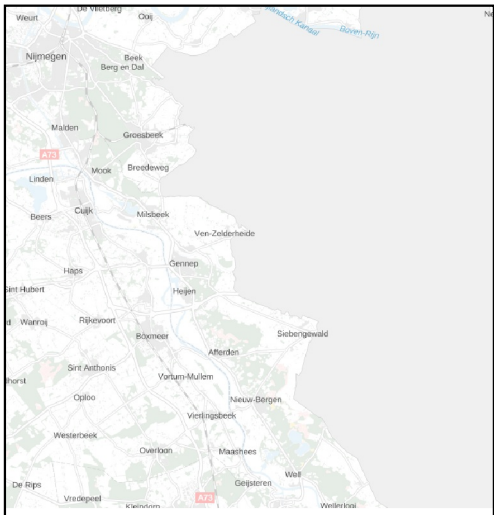
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

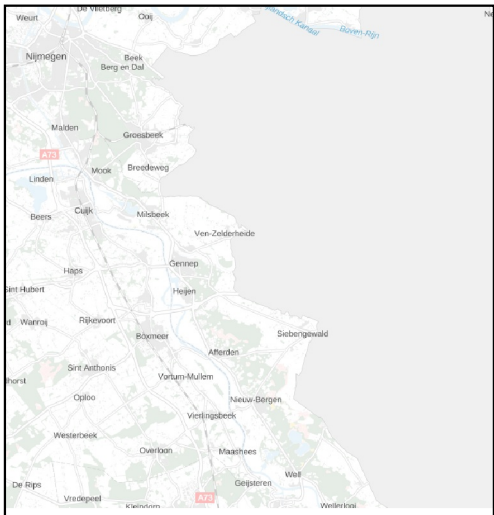
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

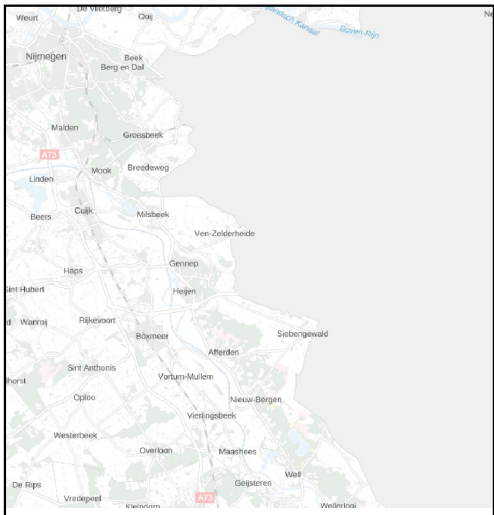
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

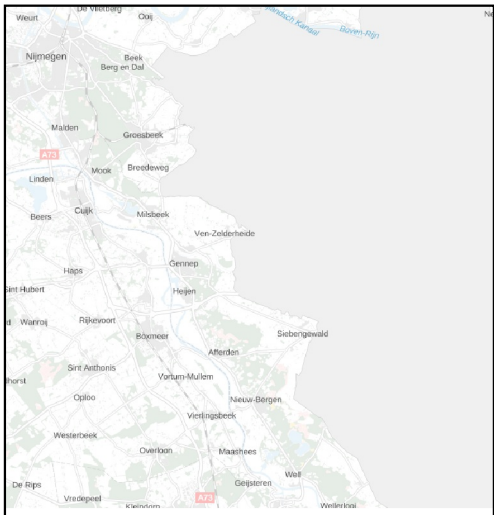
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

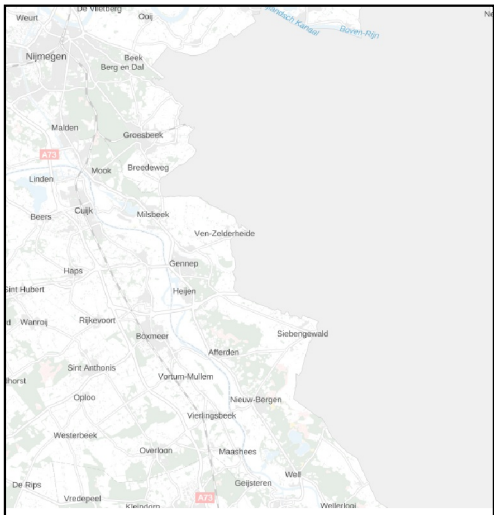
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

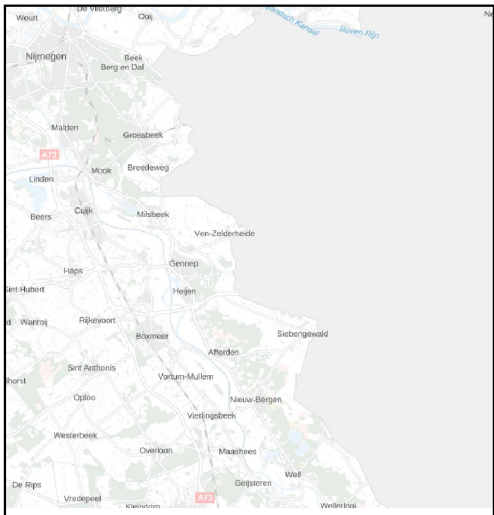
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

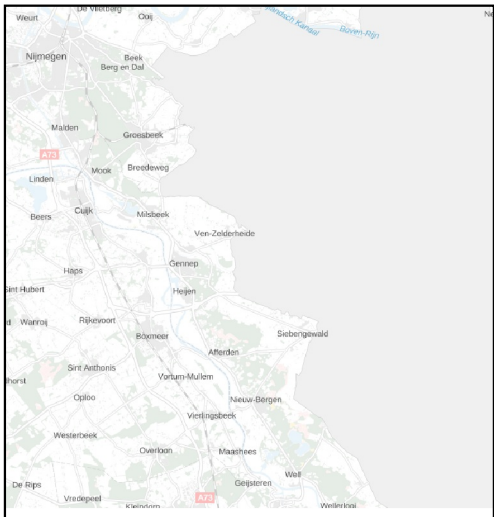
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15

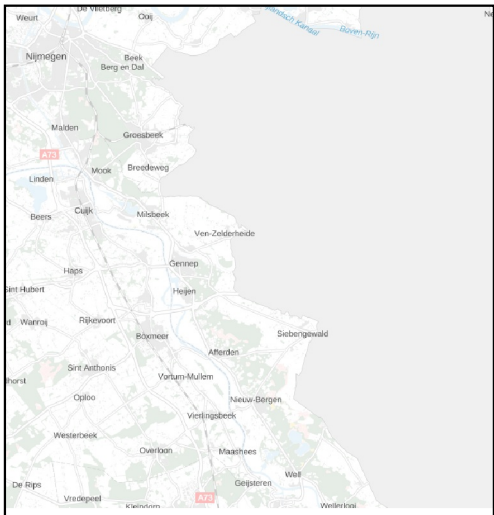


0

Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

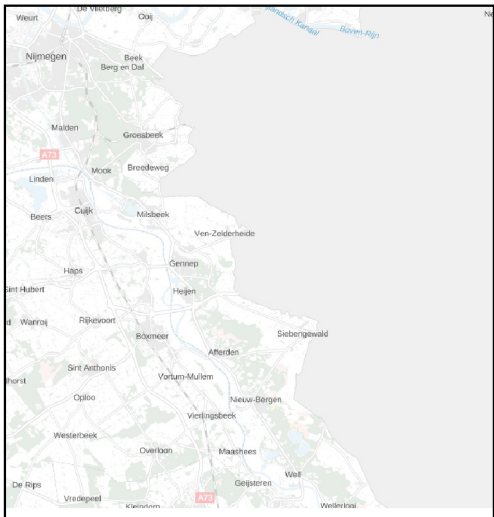
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

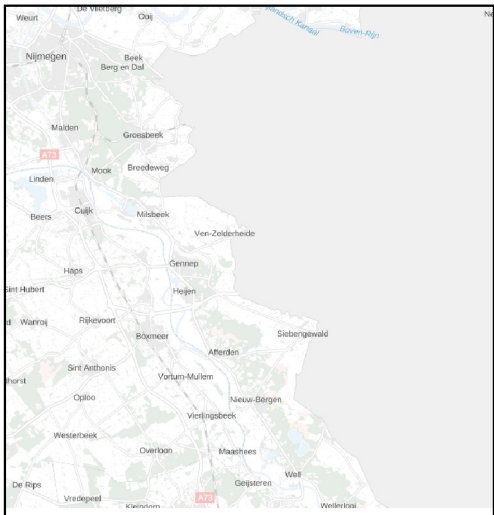
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

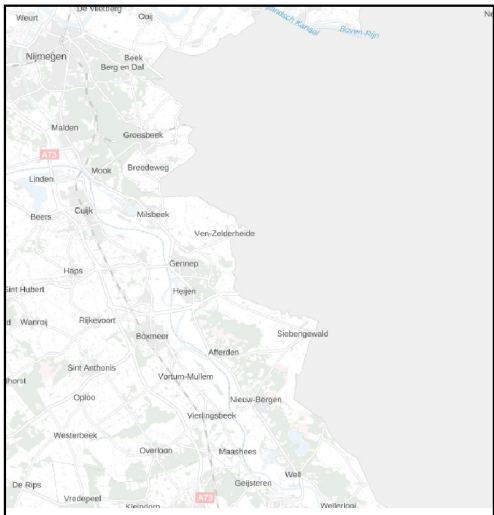
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

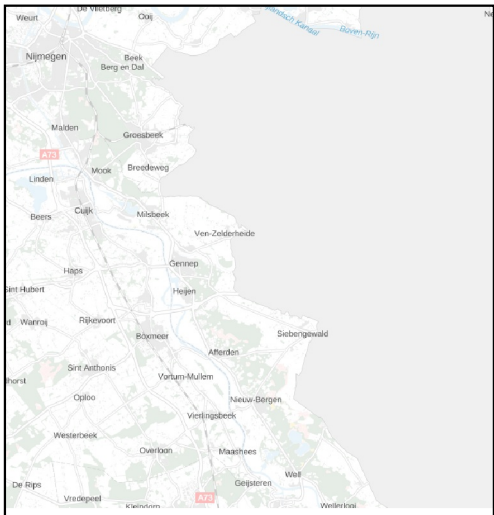
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

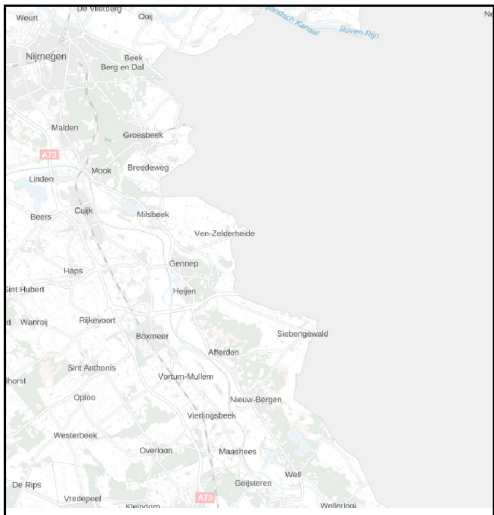
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

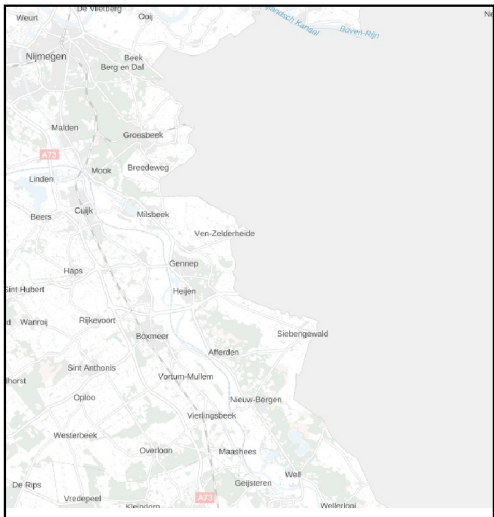
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

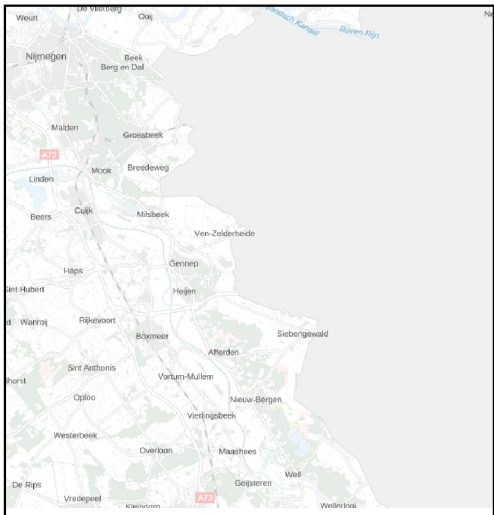
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

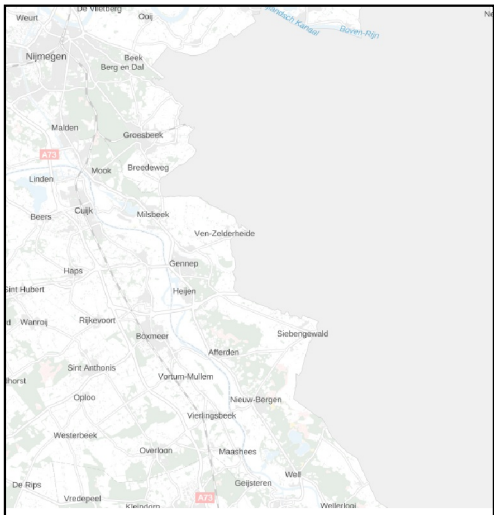
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

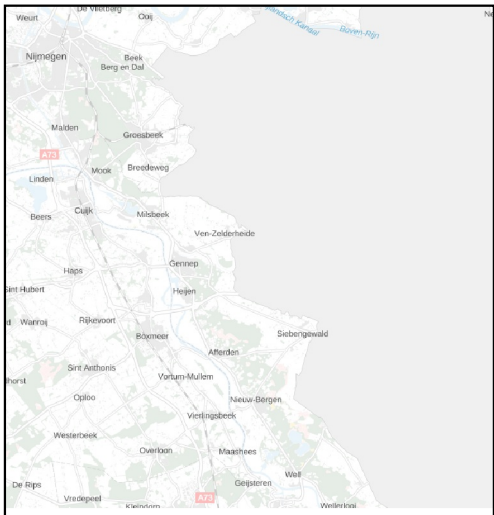
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

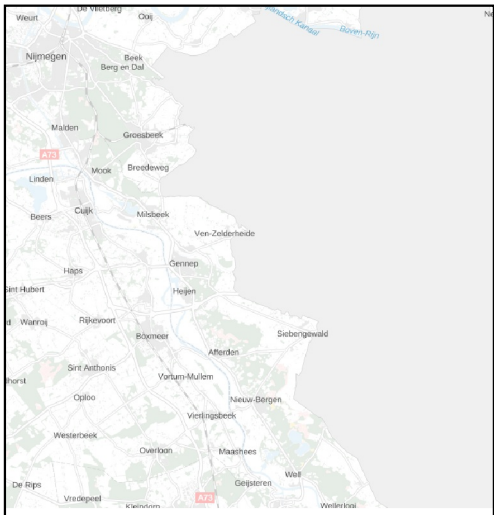
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Huidige situatie

Gem. trillingssterkte Vper

- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

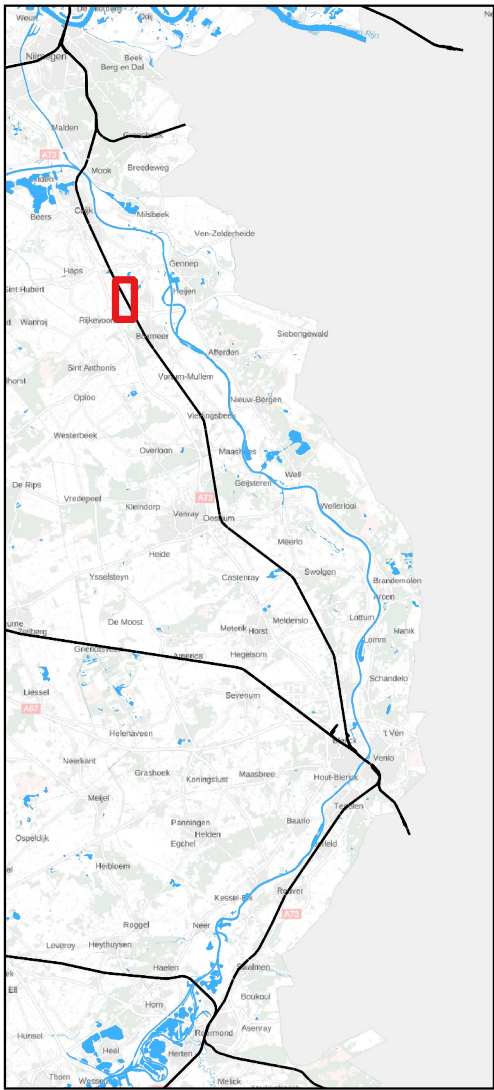
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

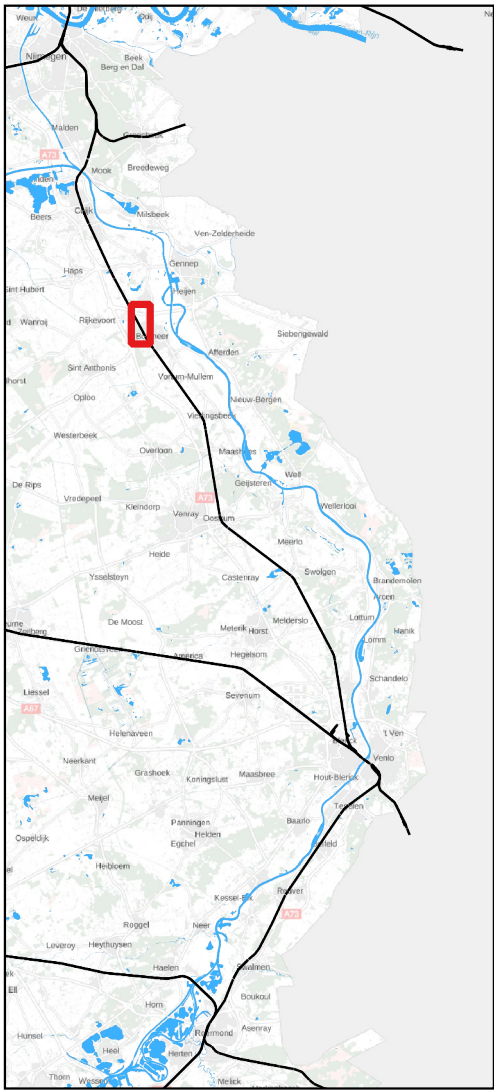
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

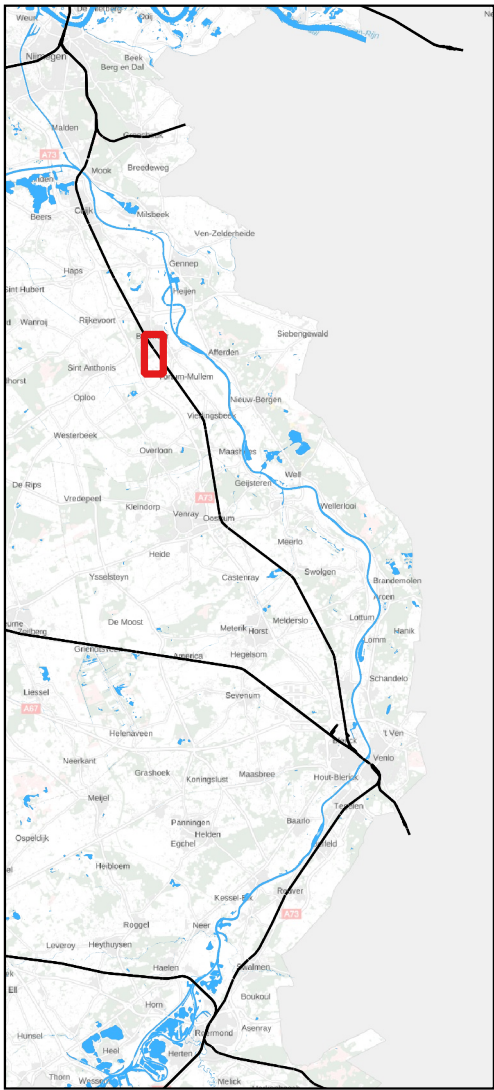
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

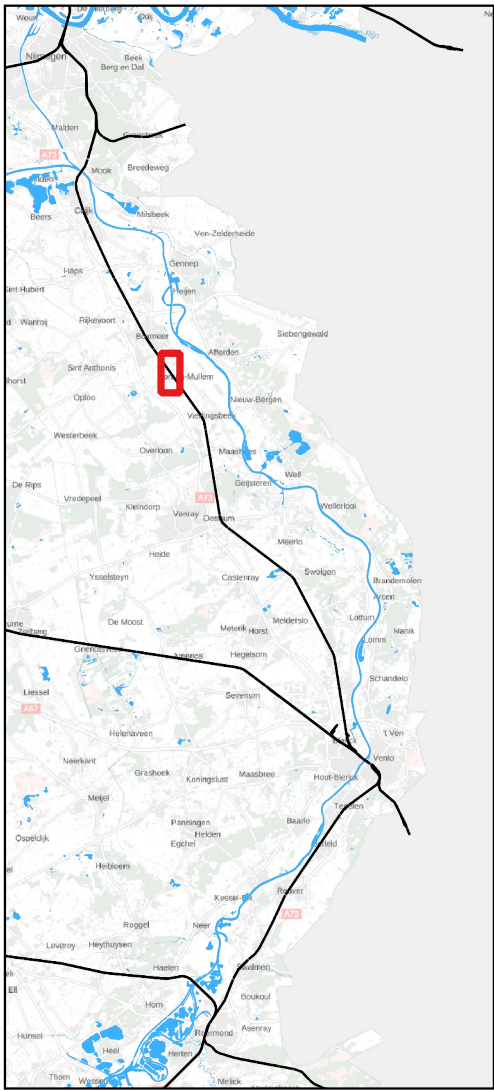
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

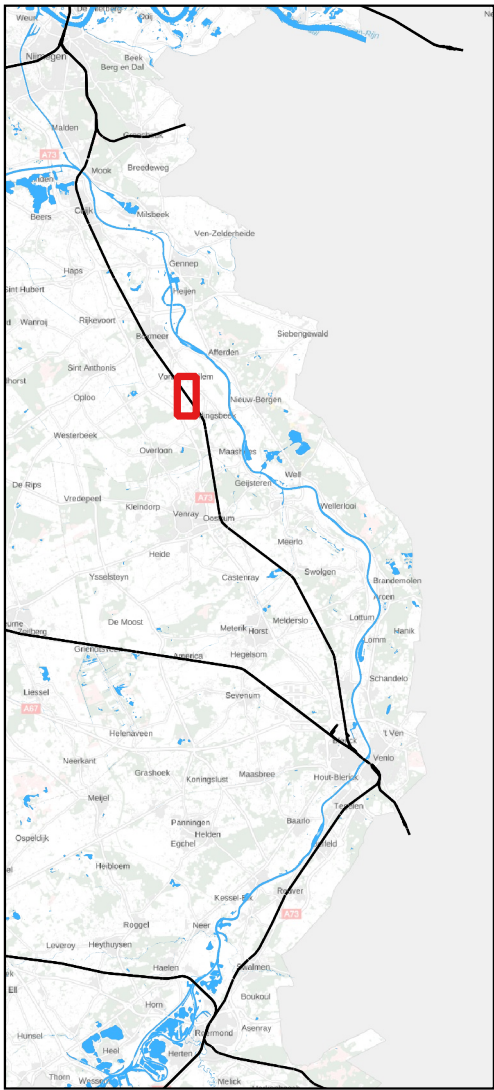
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

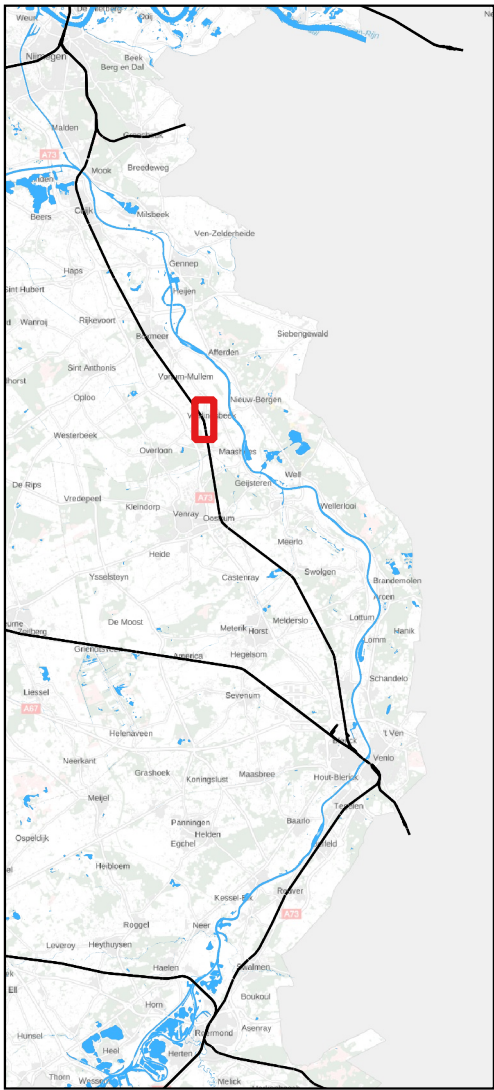
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

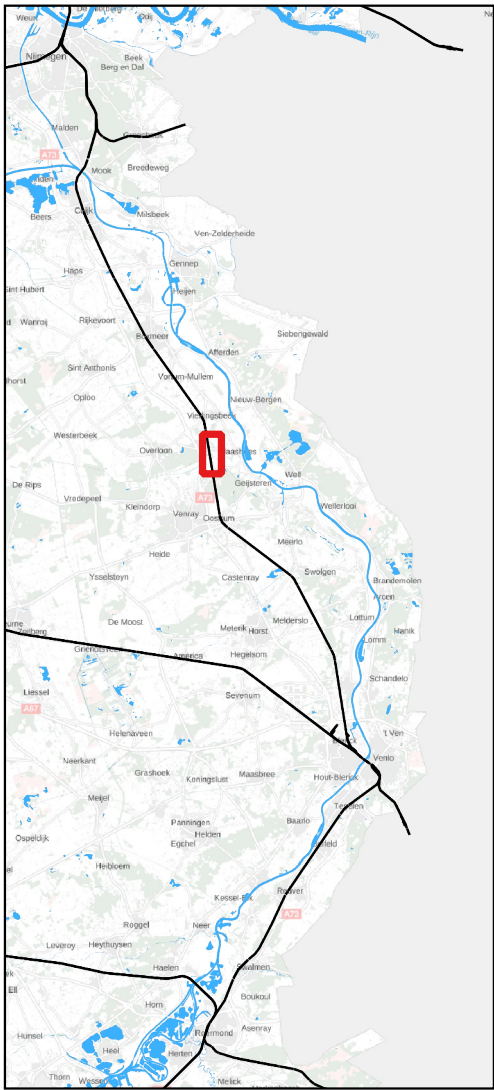
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

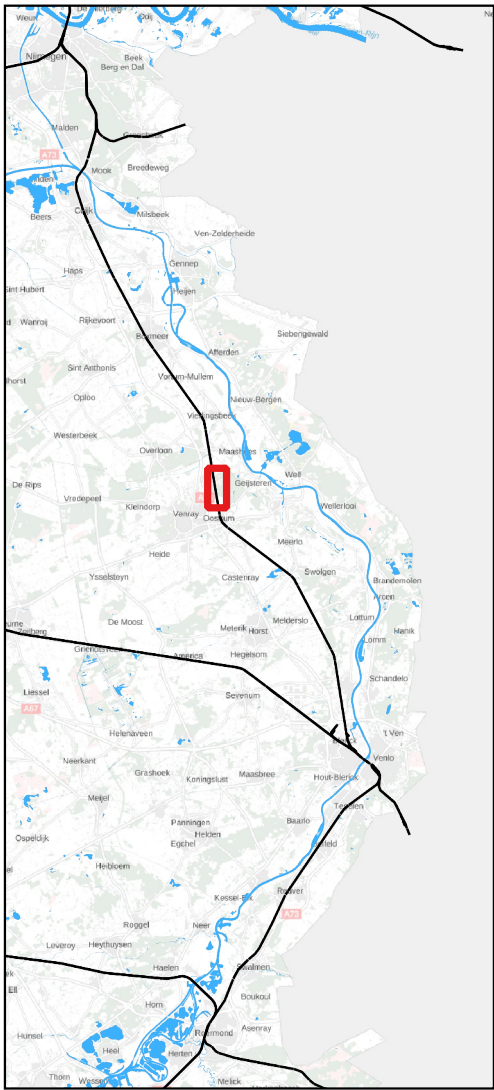
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

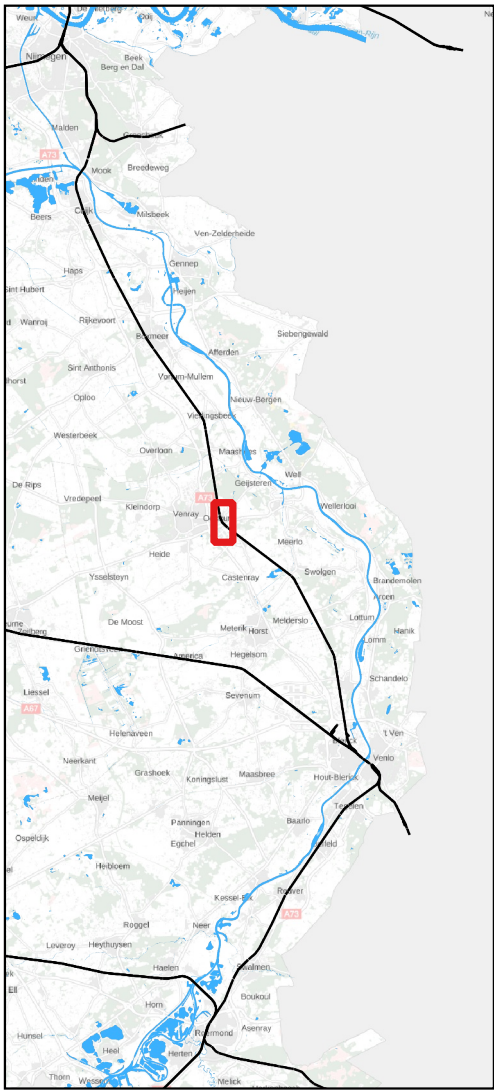
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

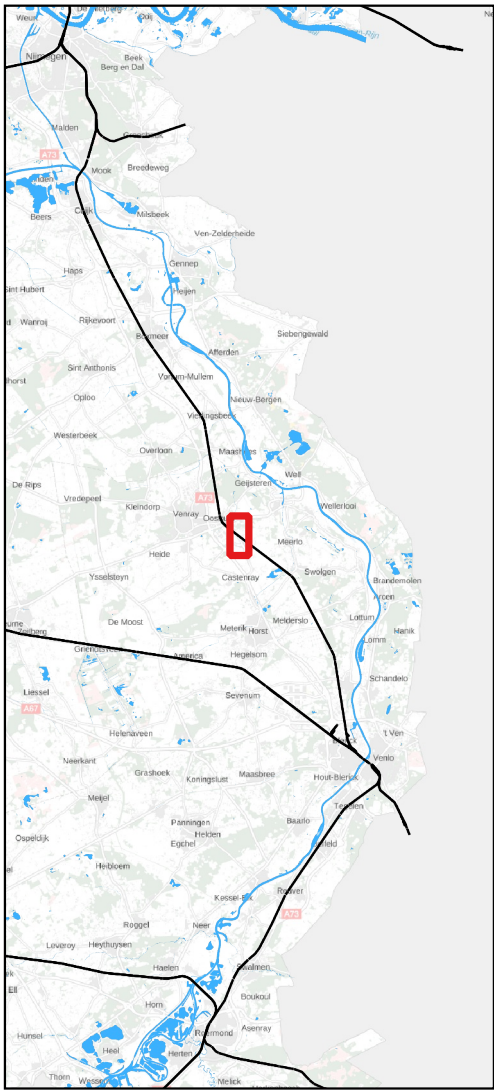
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

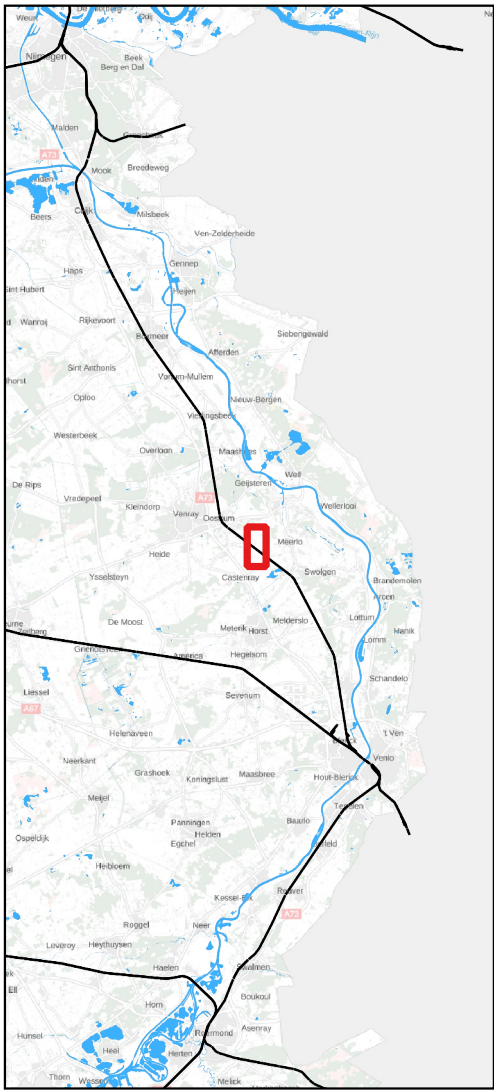
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

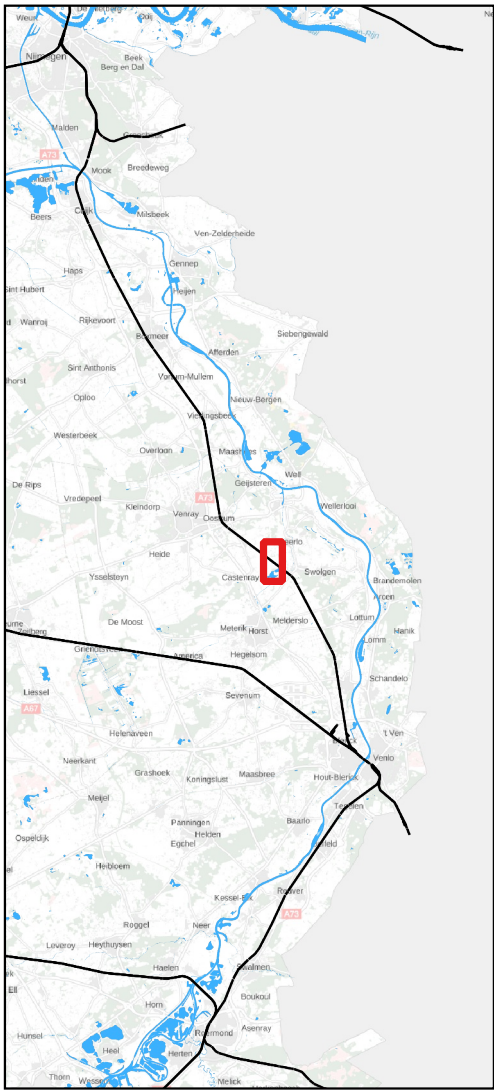
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

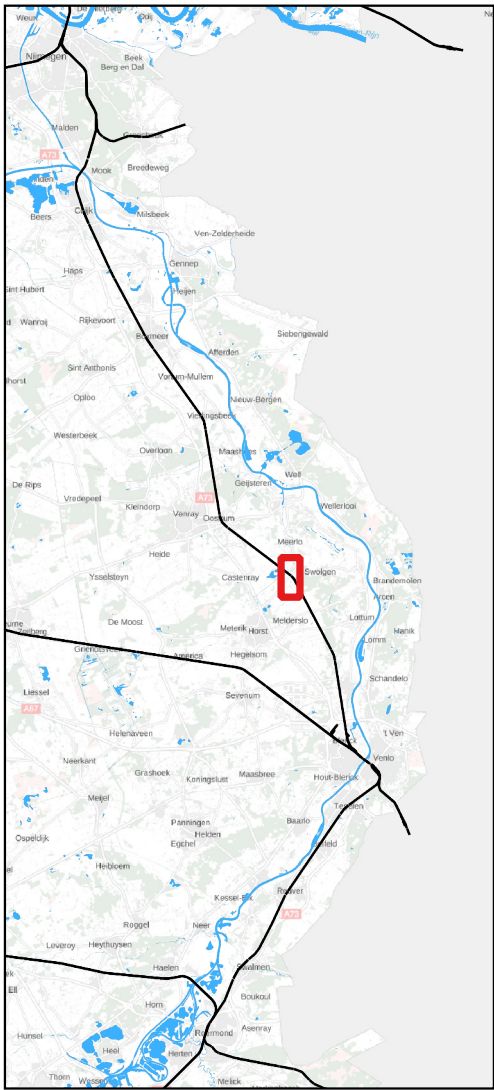
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

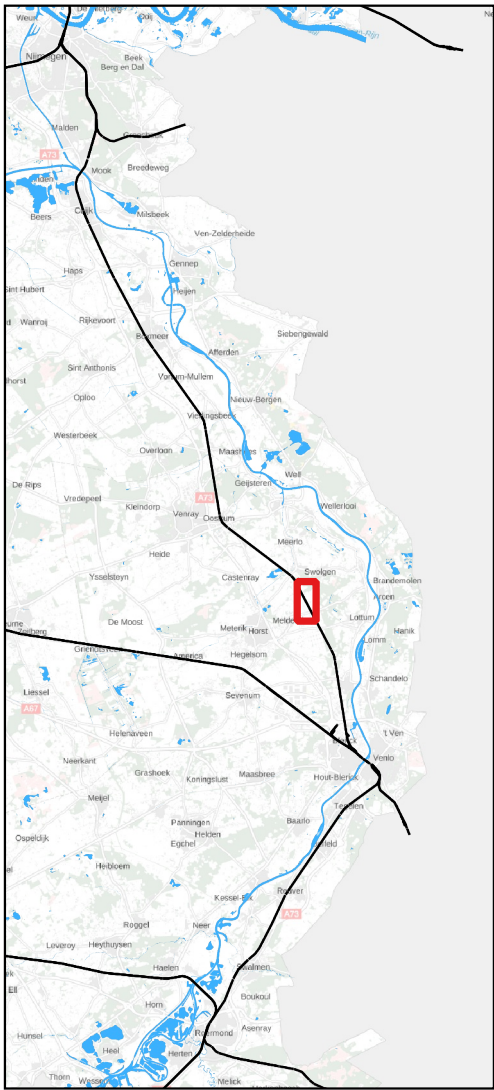
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

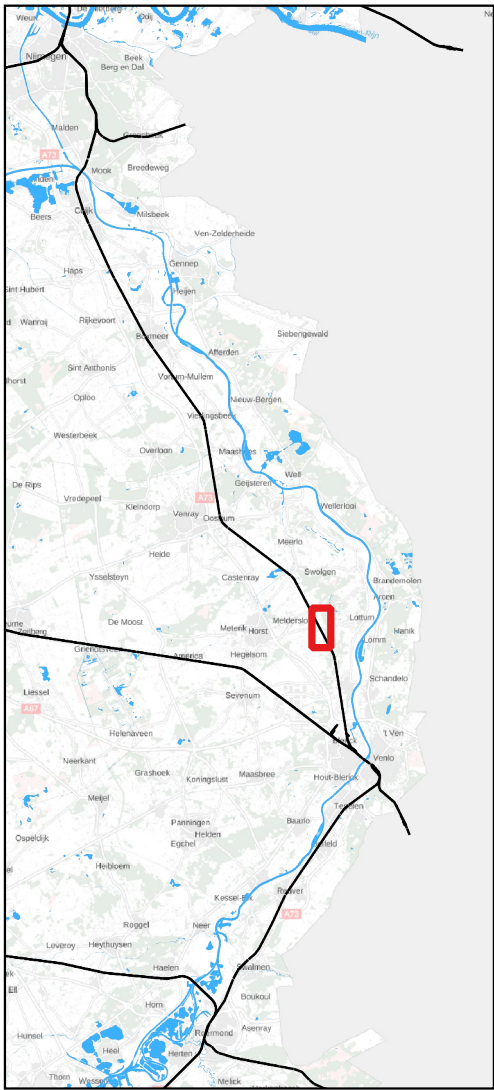
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

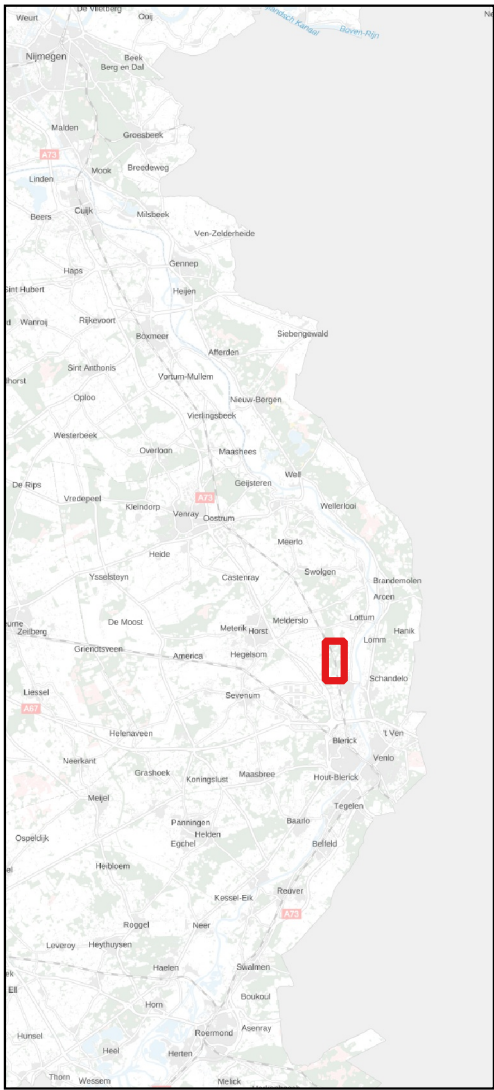
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

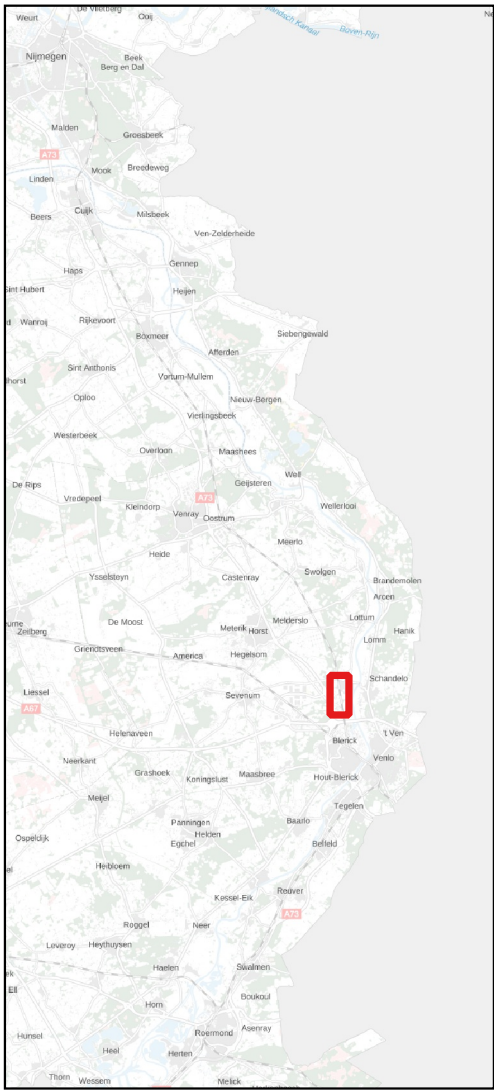
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

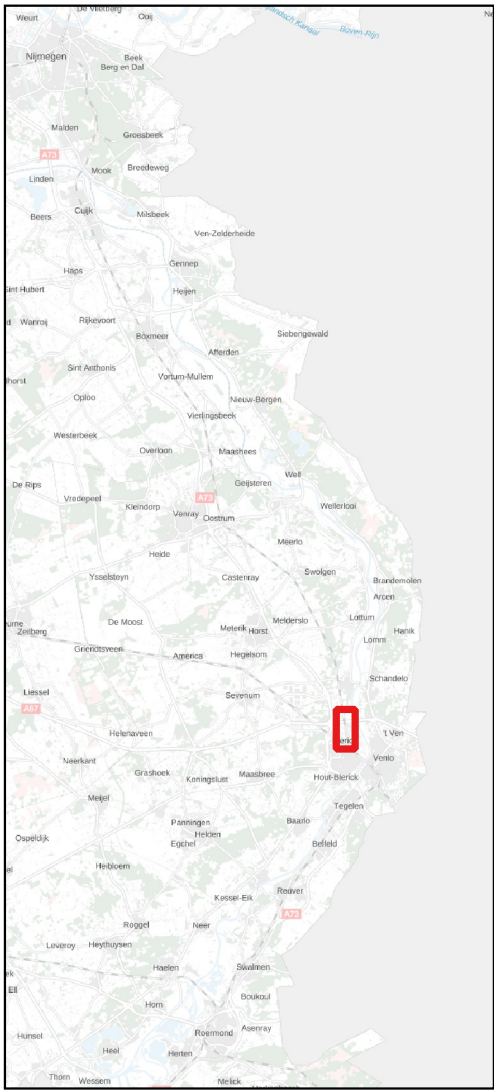
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

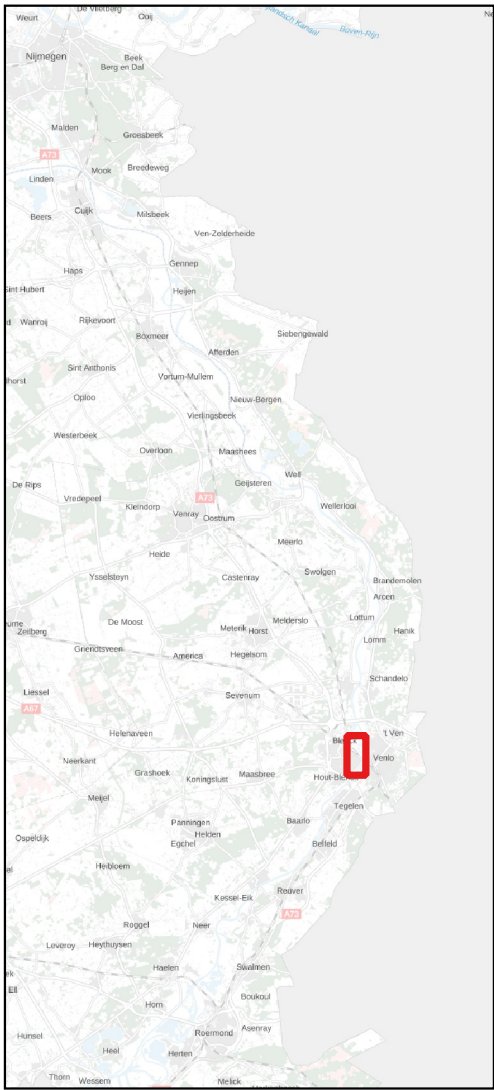
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

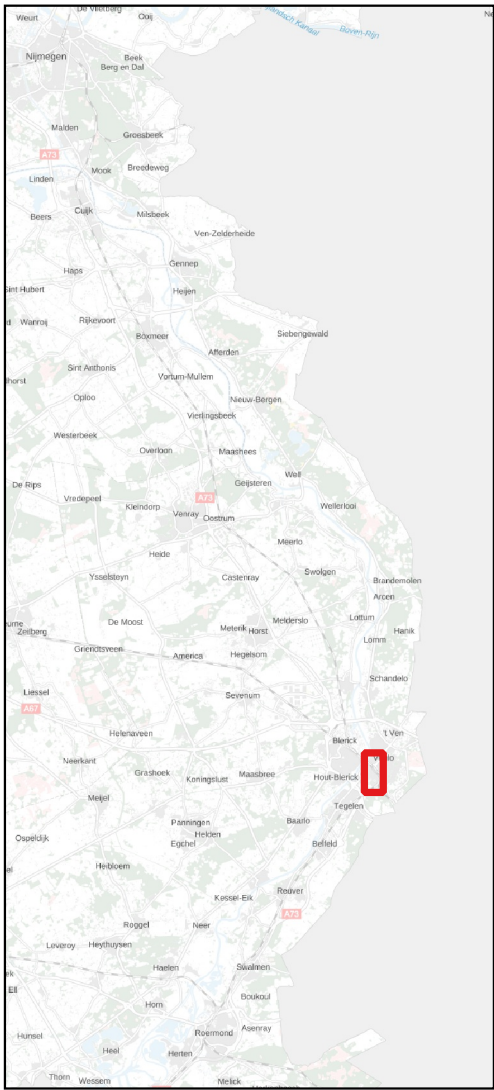
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

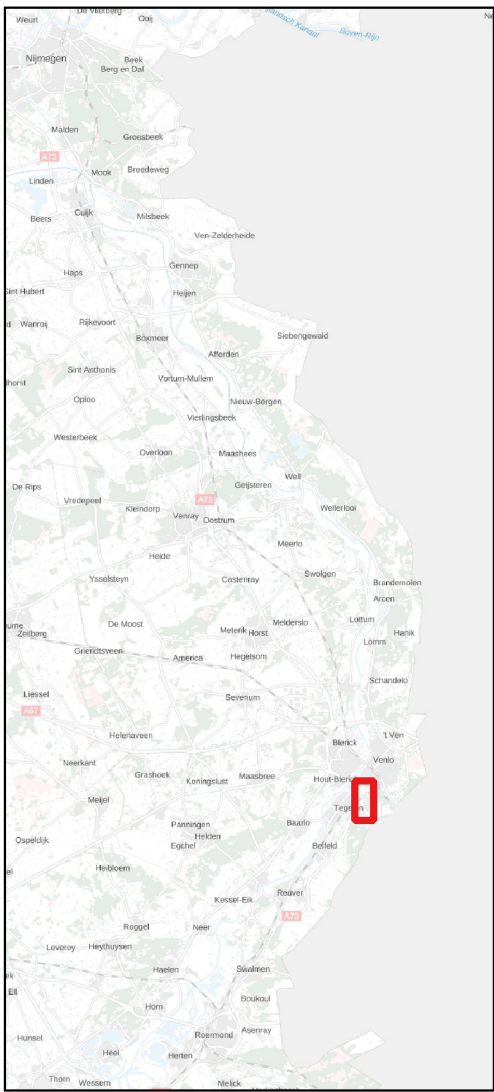
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

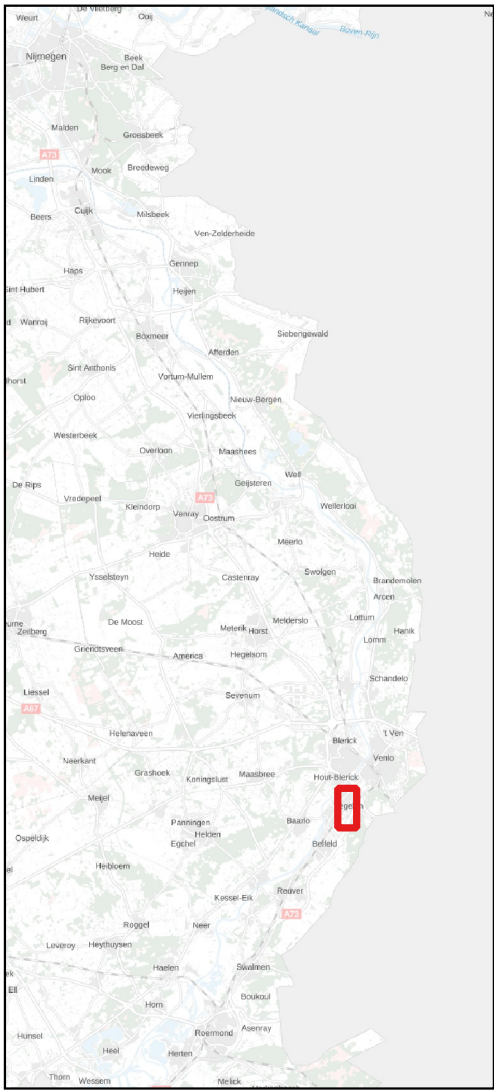
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

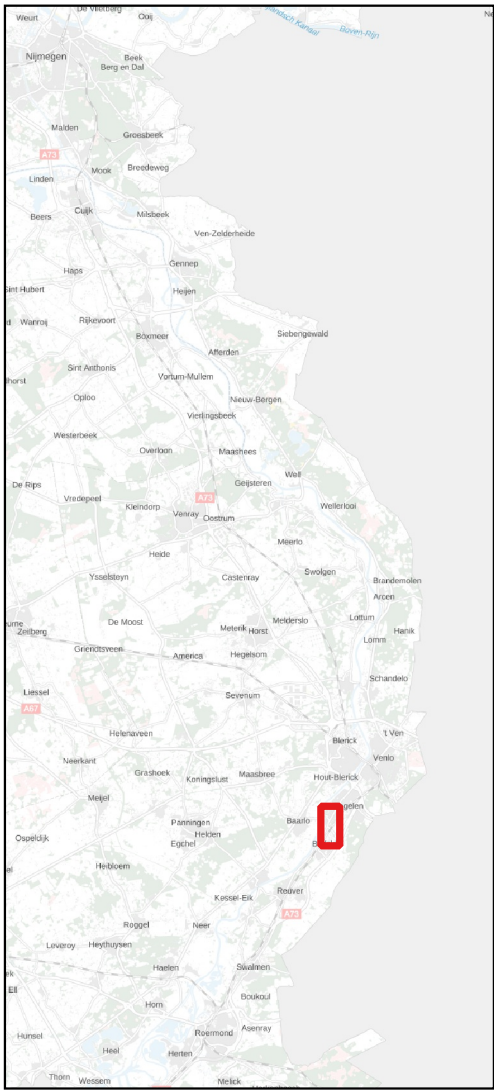
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

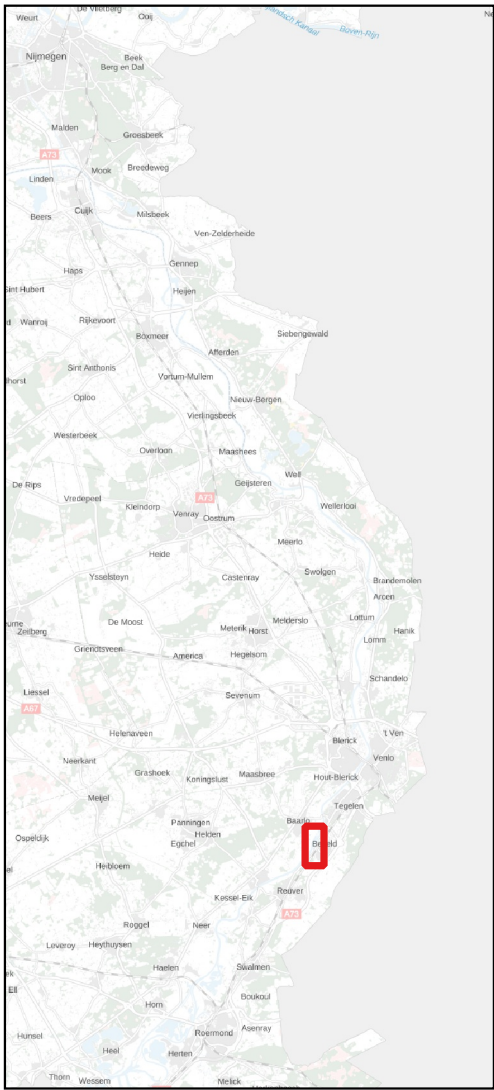
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

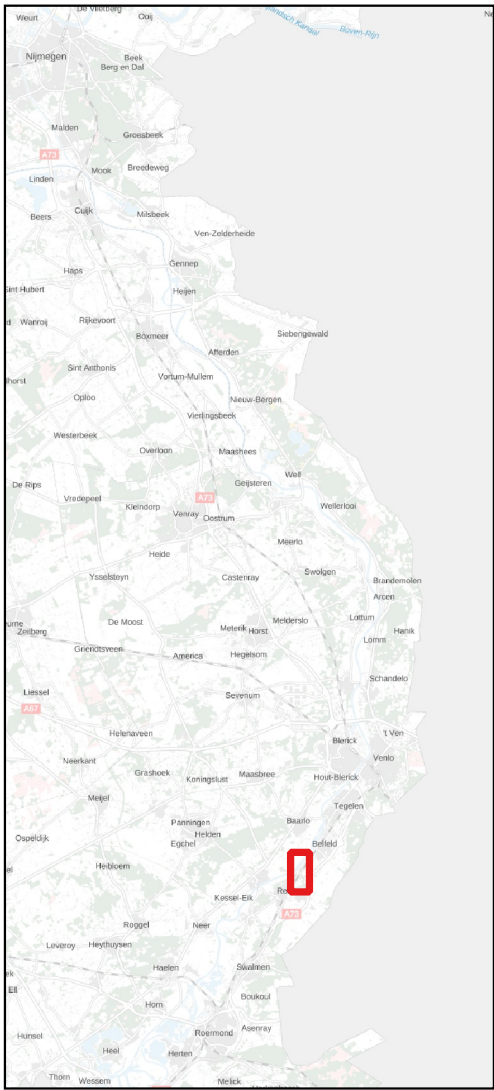
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

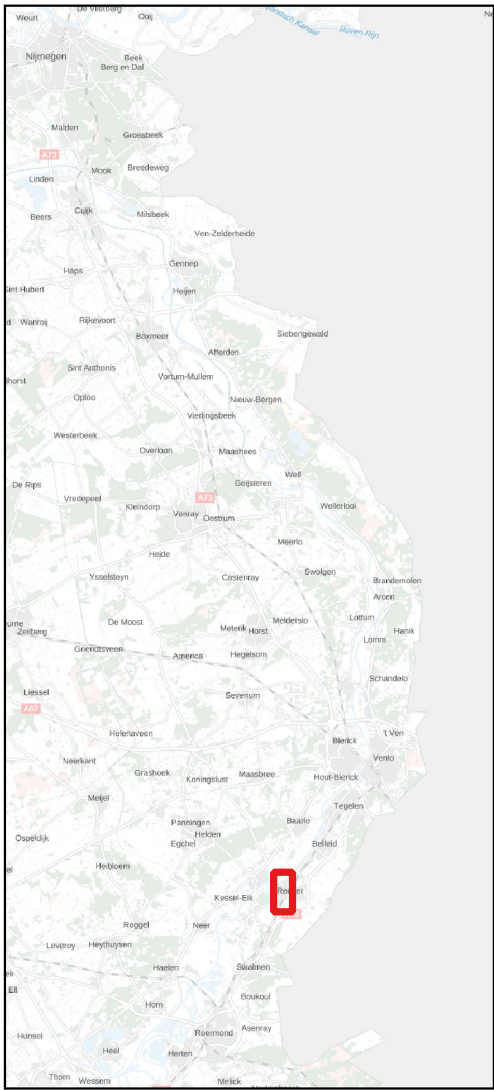
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

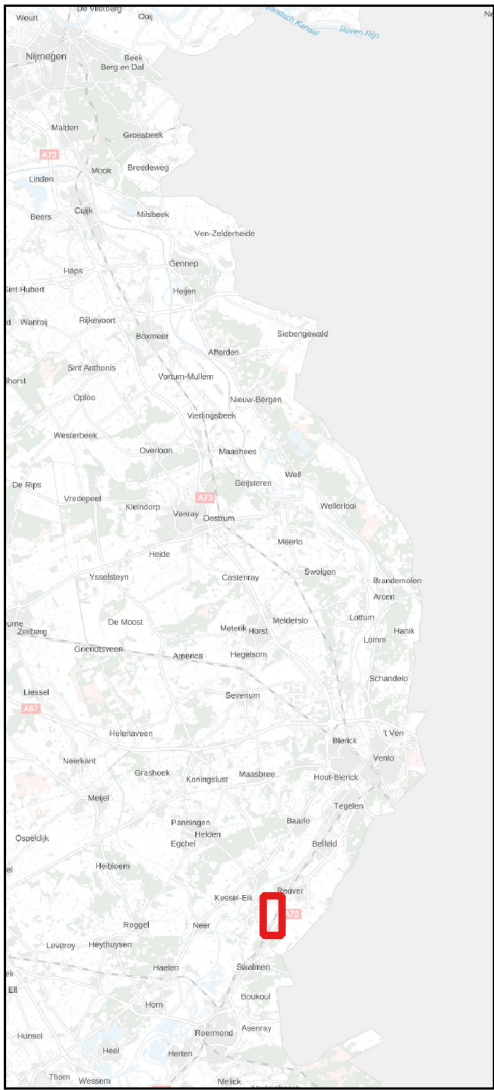
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

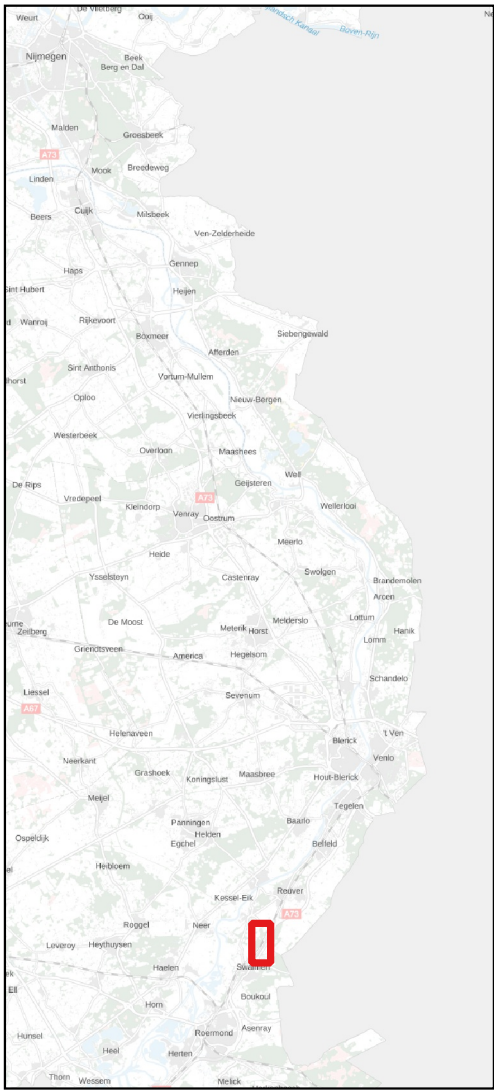
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

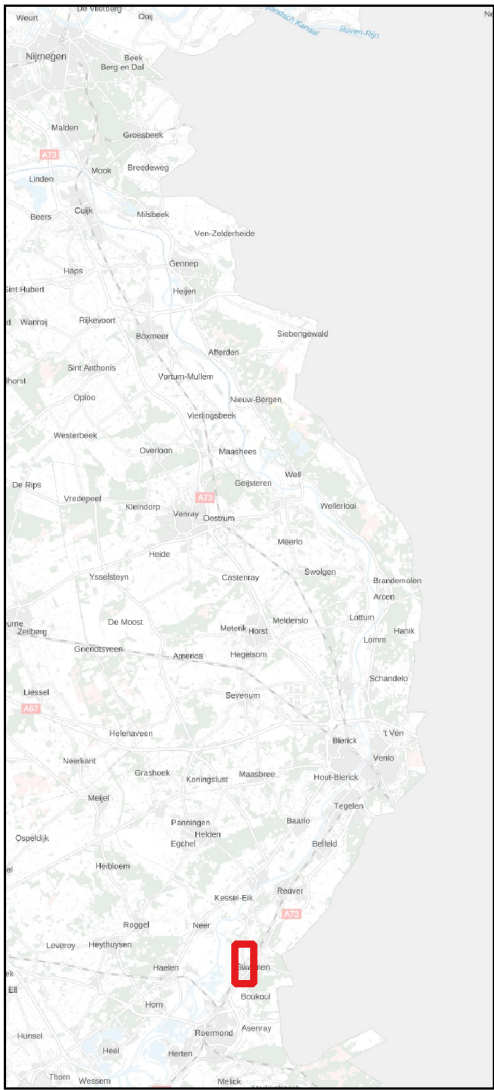
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

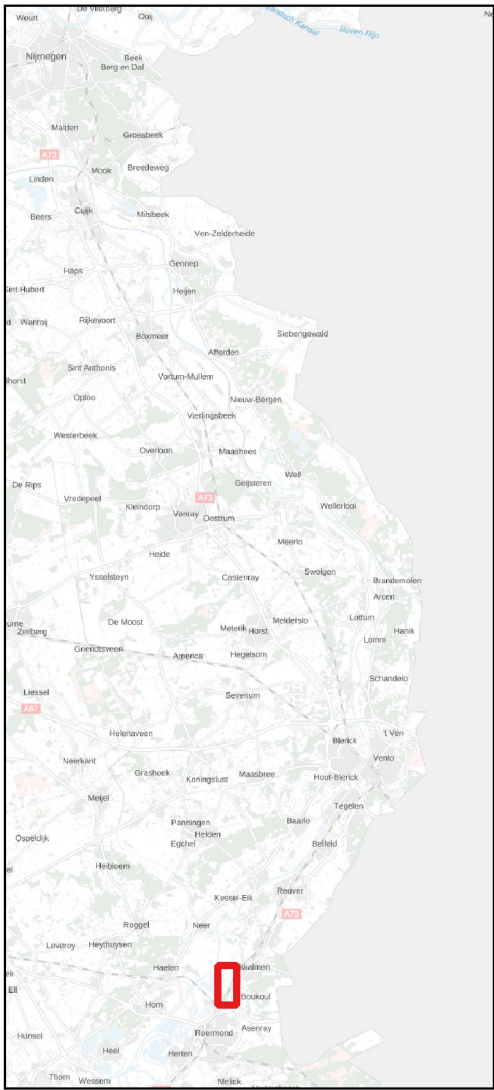
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

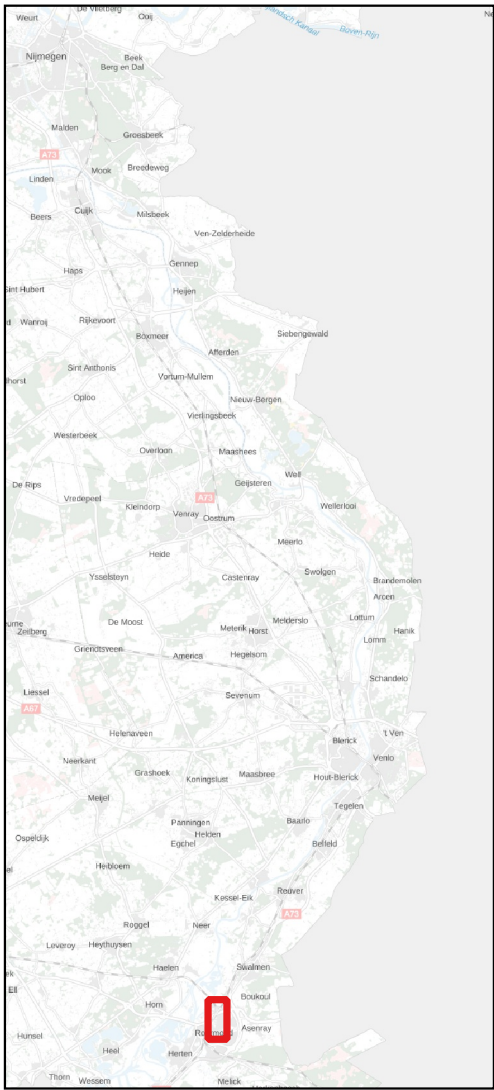
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

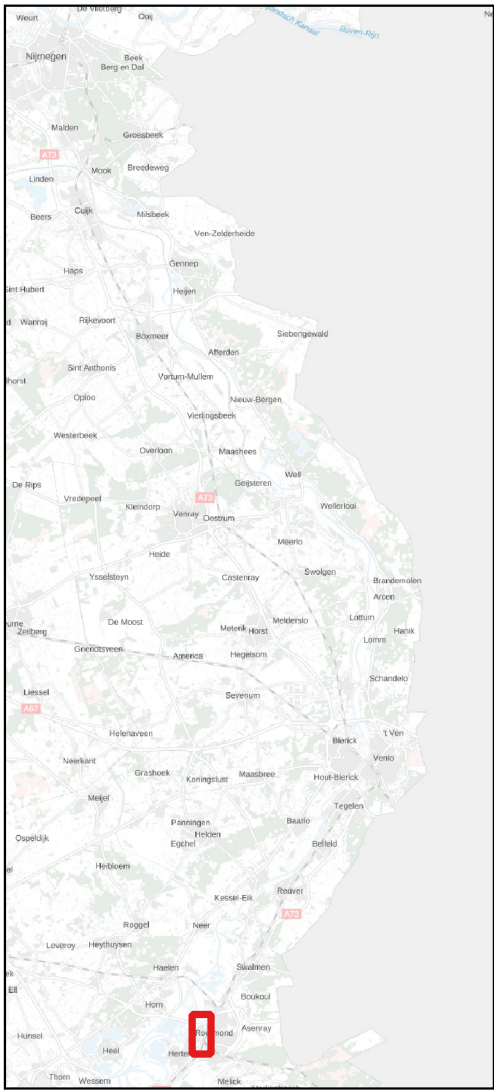
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Trillingssterkte Vmax

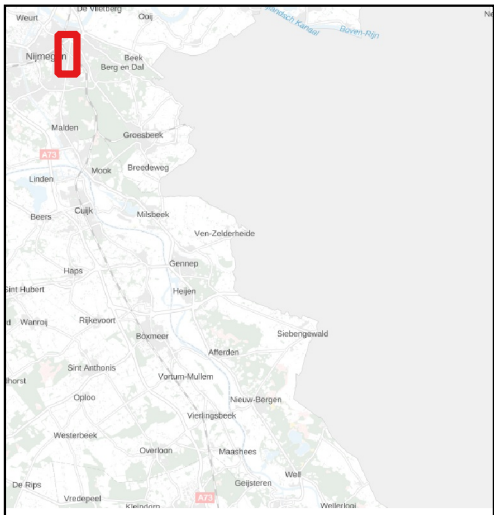
- < 0.2 of niet gevoelig
- 0.2 - 0.4
- 0.4 - 0.8
- 0.8 - 3.2
- > 3.2



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

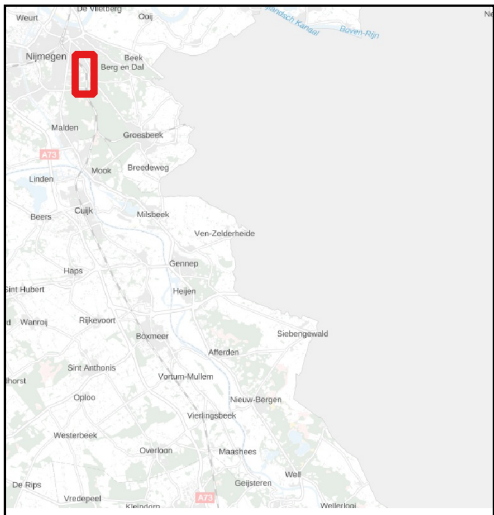
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

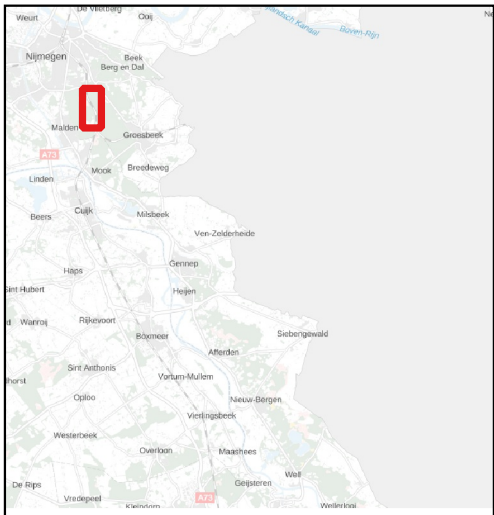
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

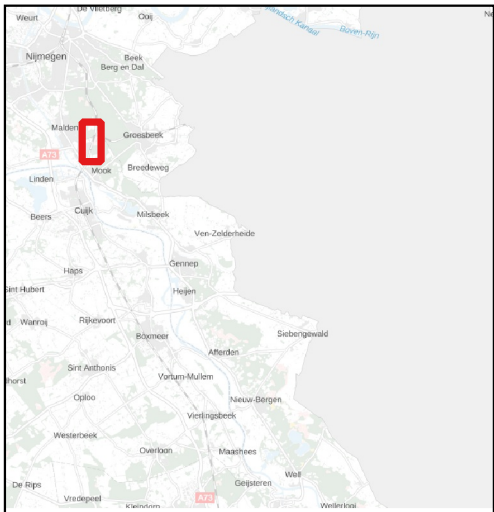
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

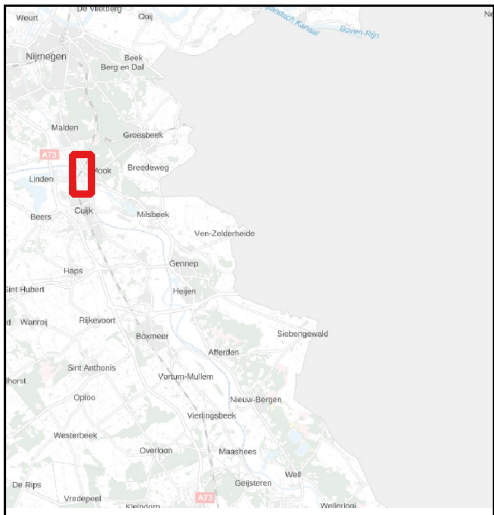
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

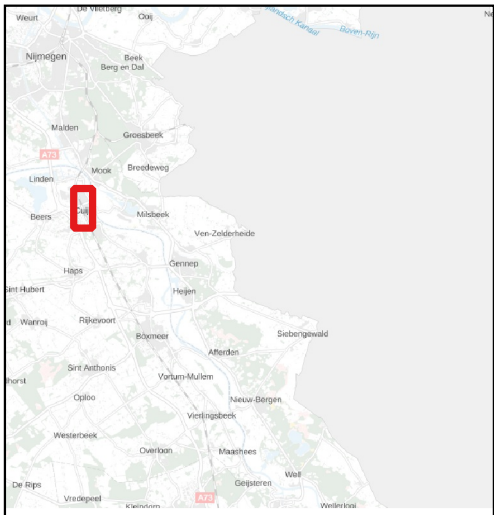
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

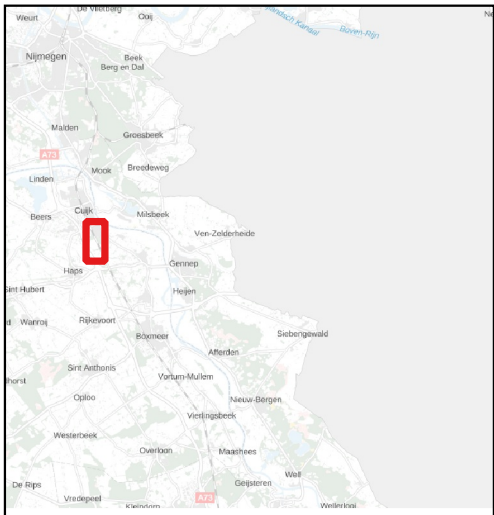
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

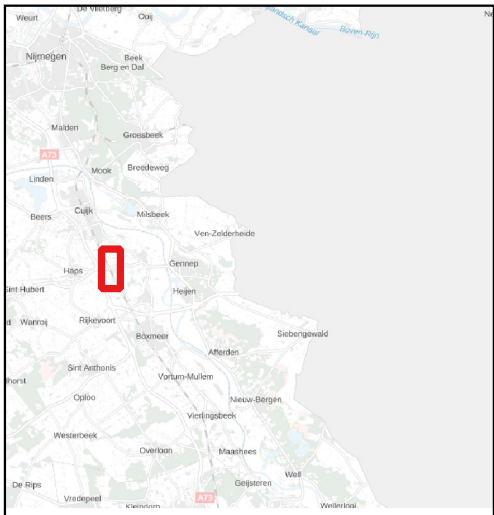
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

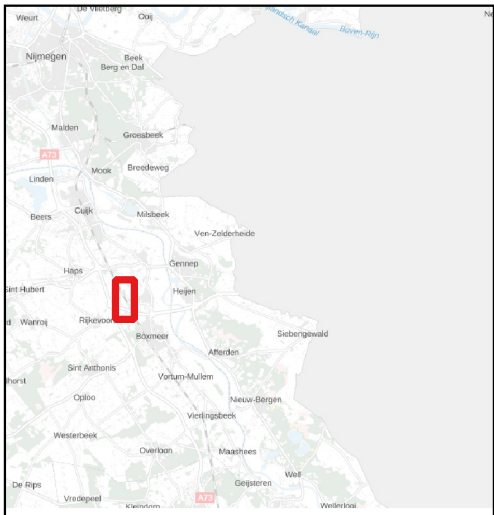
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

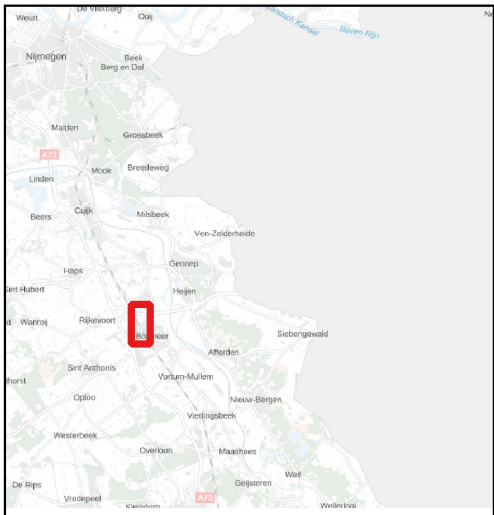
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

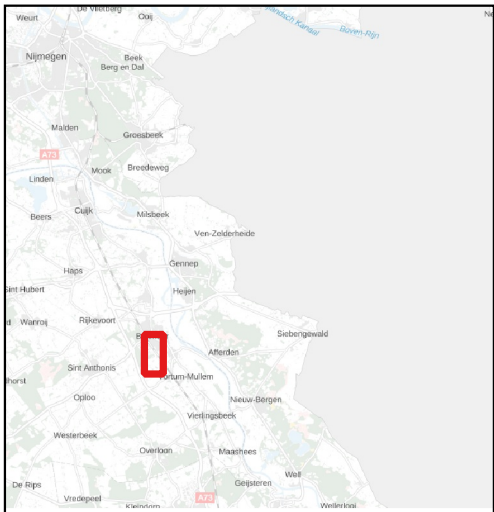
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

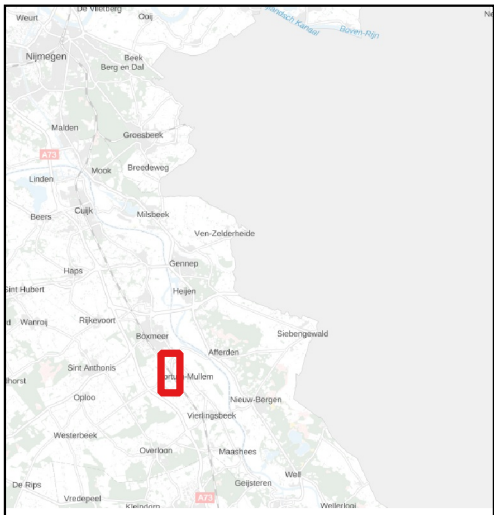
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

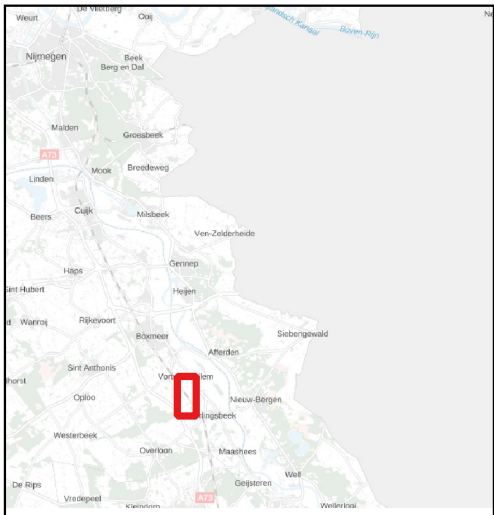
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

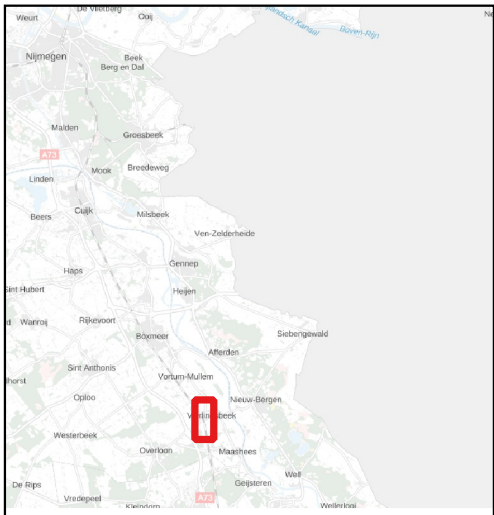
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

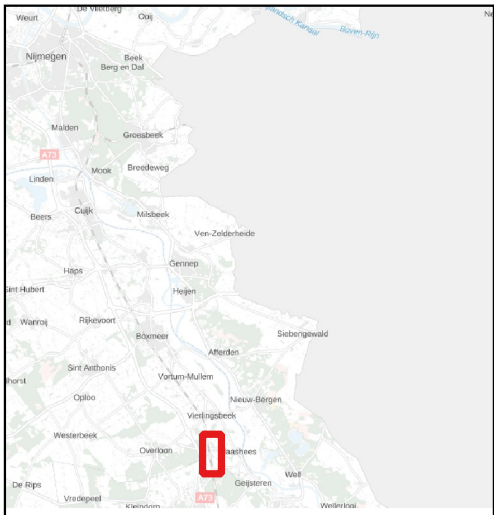
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

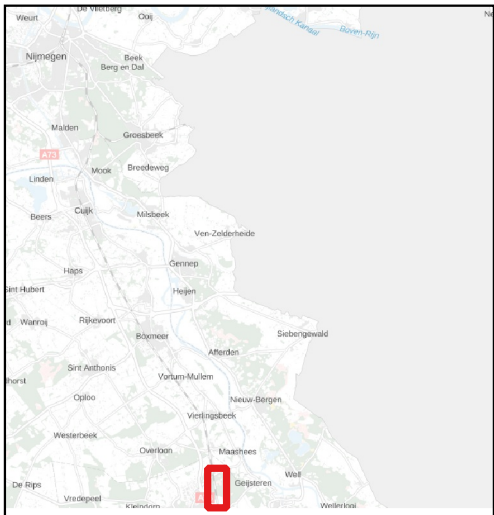
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

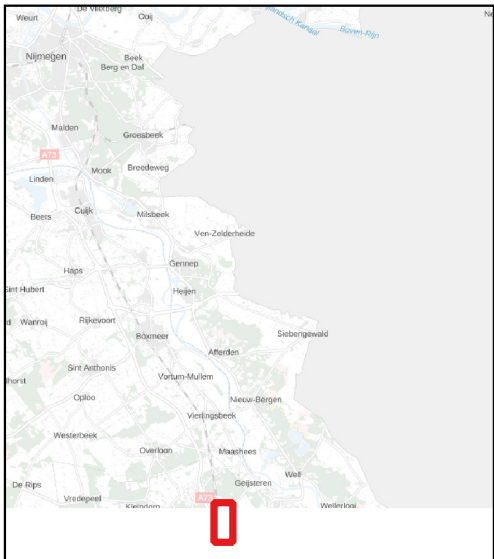
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

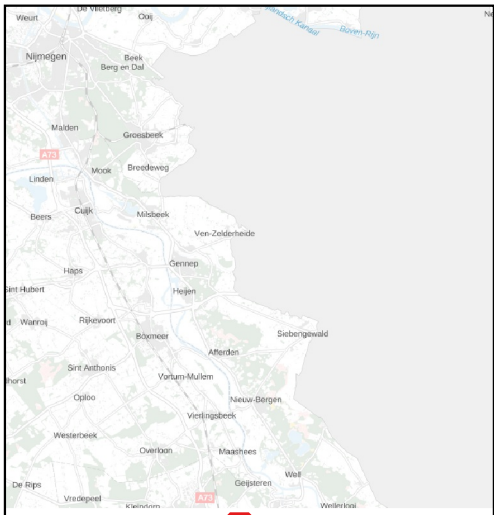
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

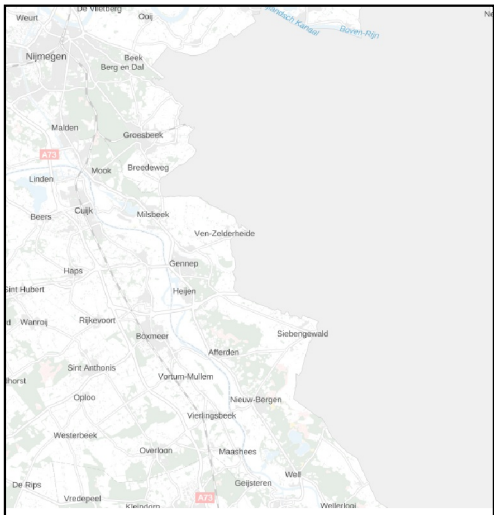
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

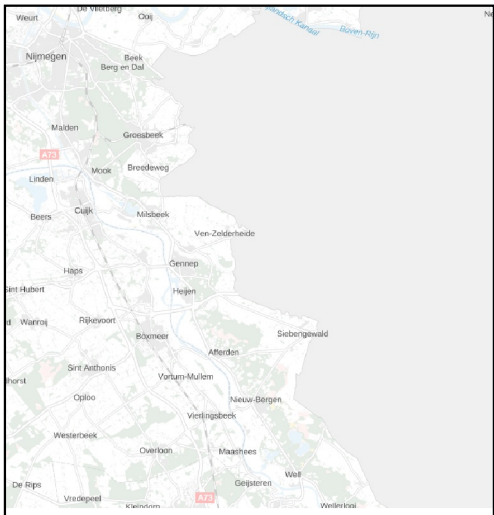
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

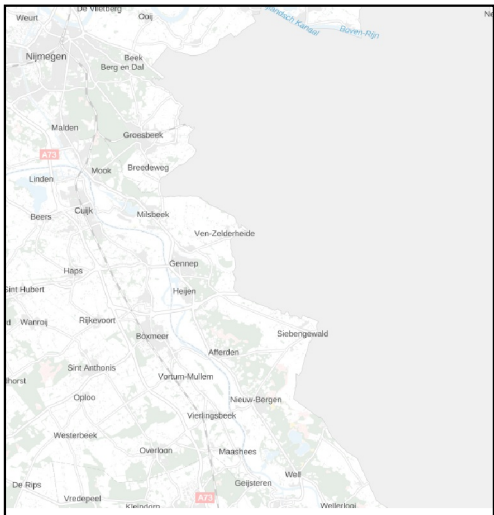
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

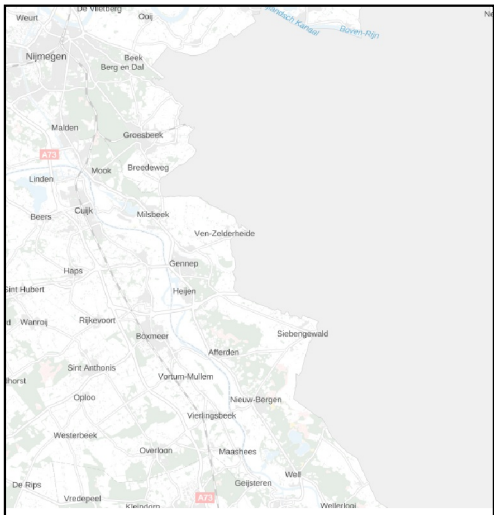
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

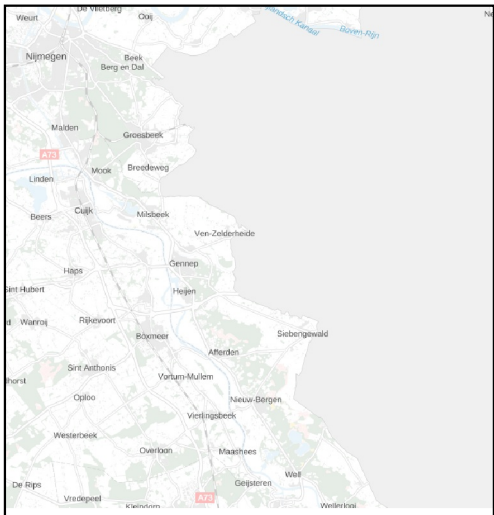
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

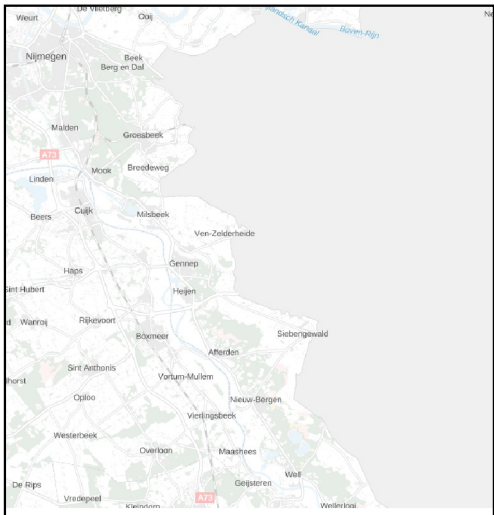
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

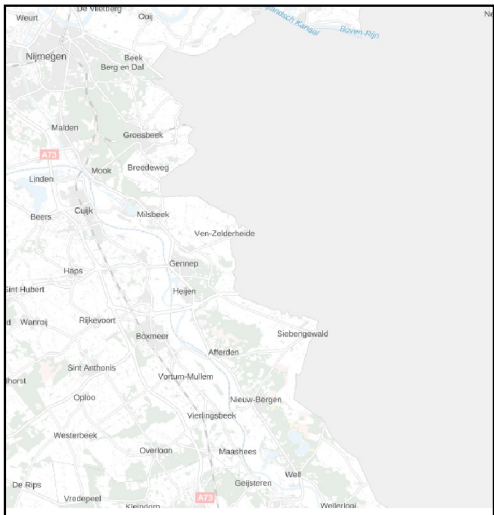
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

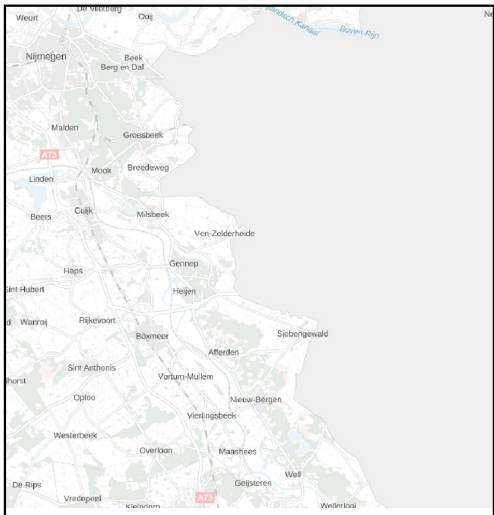
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

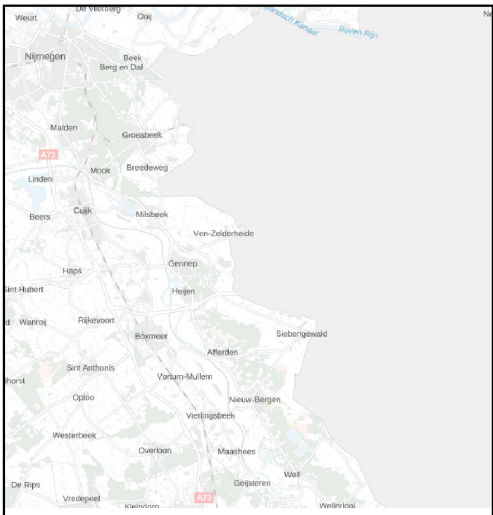
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

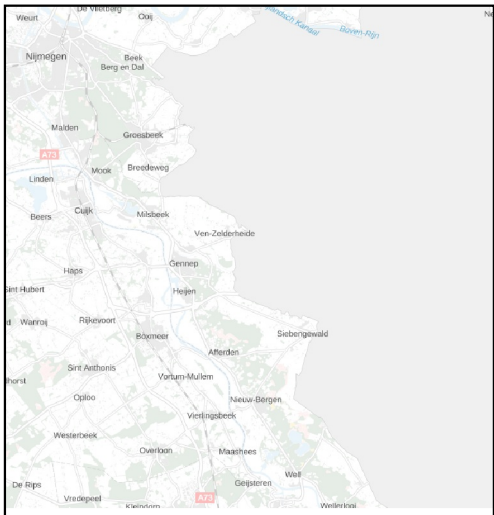
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

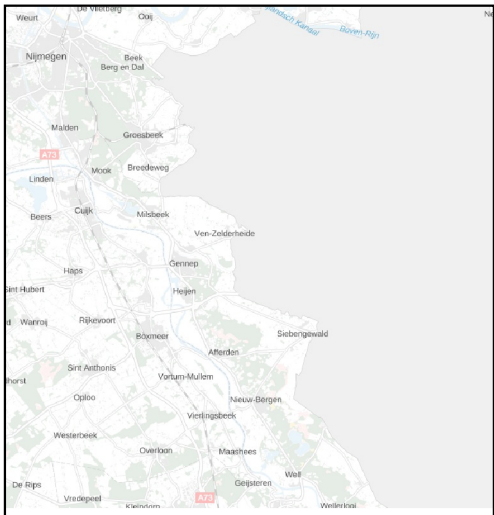
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15

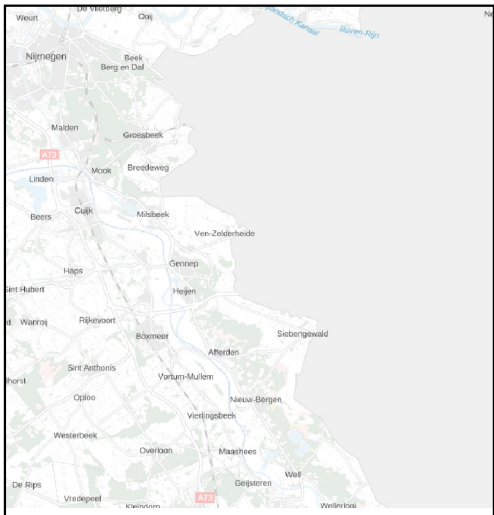


0

Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

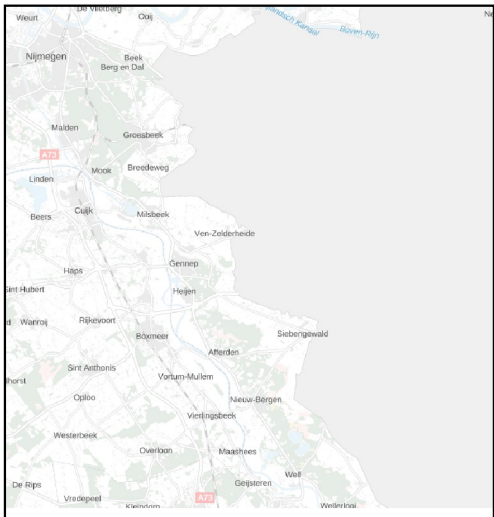
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

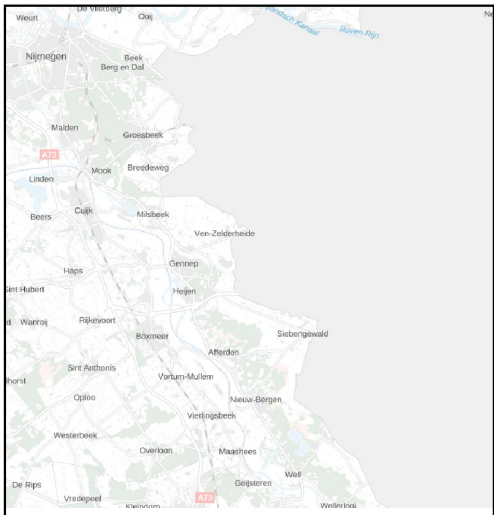
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

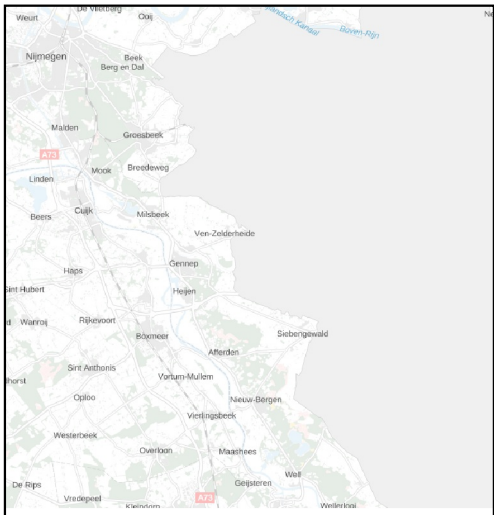
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

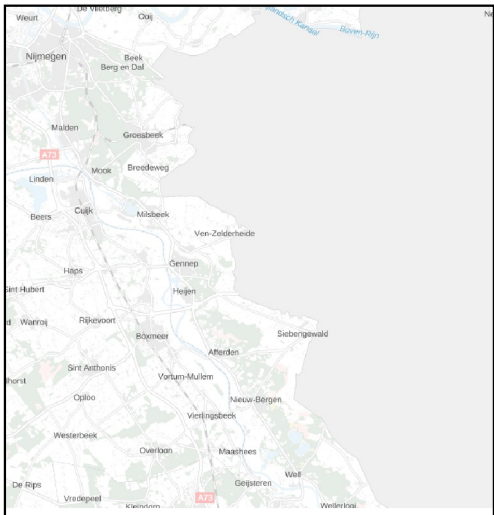
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

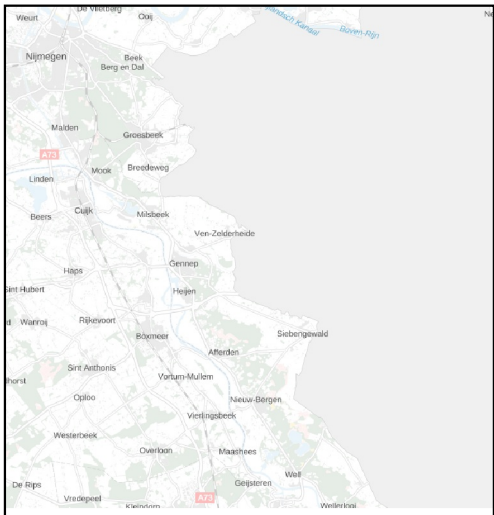
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

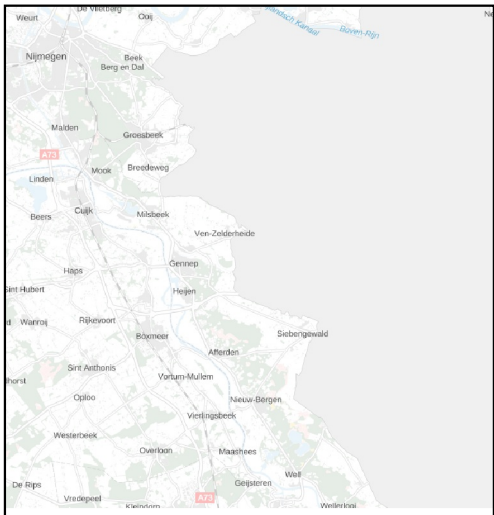
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

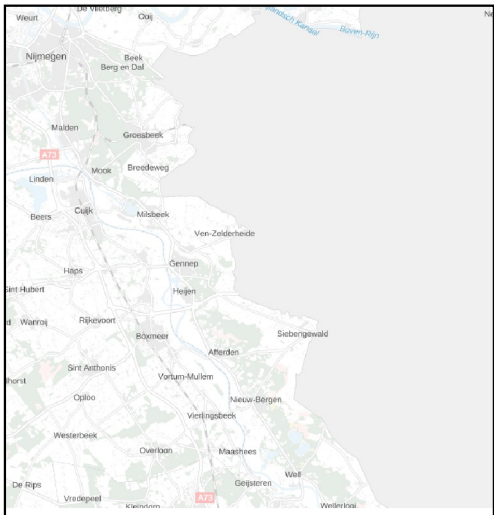
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

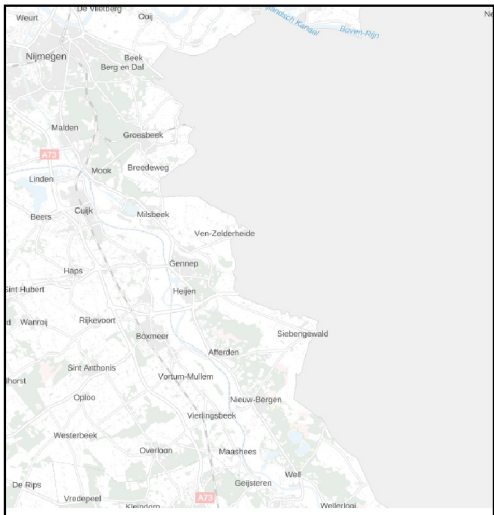
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

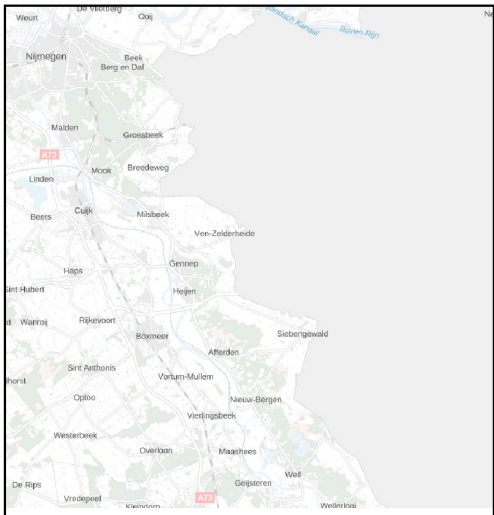
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

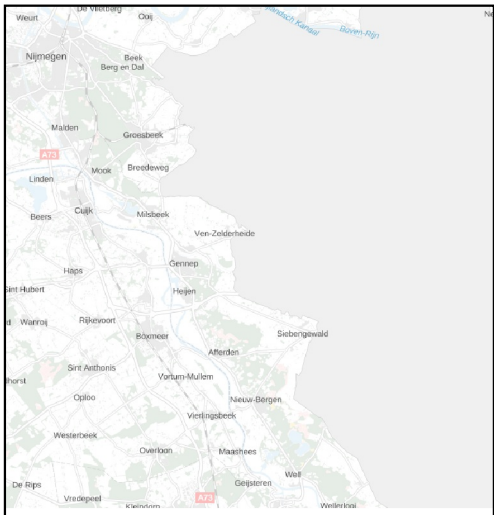
- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Gem. trillingssterkte Vper

- < 0.05 of niet gevoelig
- 0.05 - 0.07
- 0.07 - 0.10
- 0.10 - 0.15
- > 0.15



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



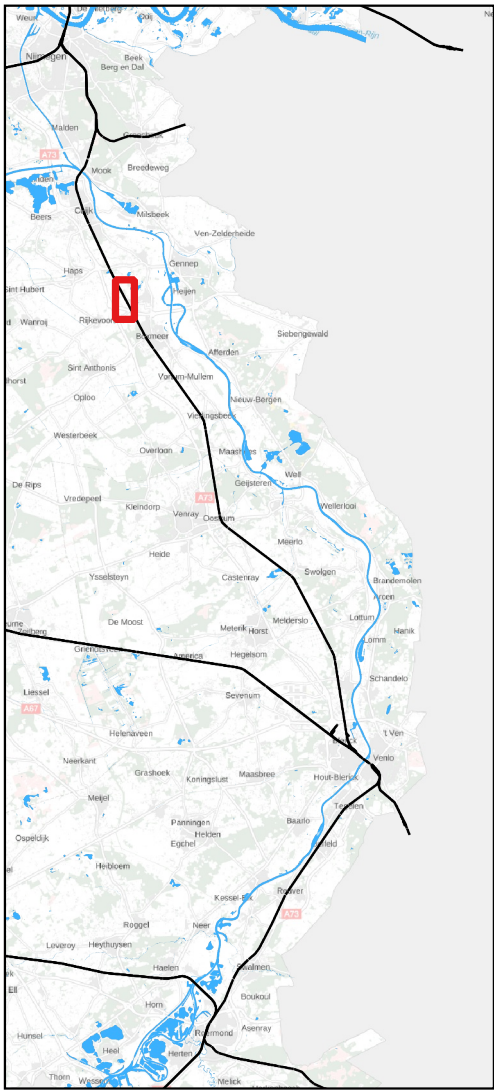
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



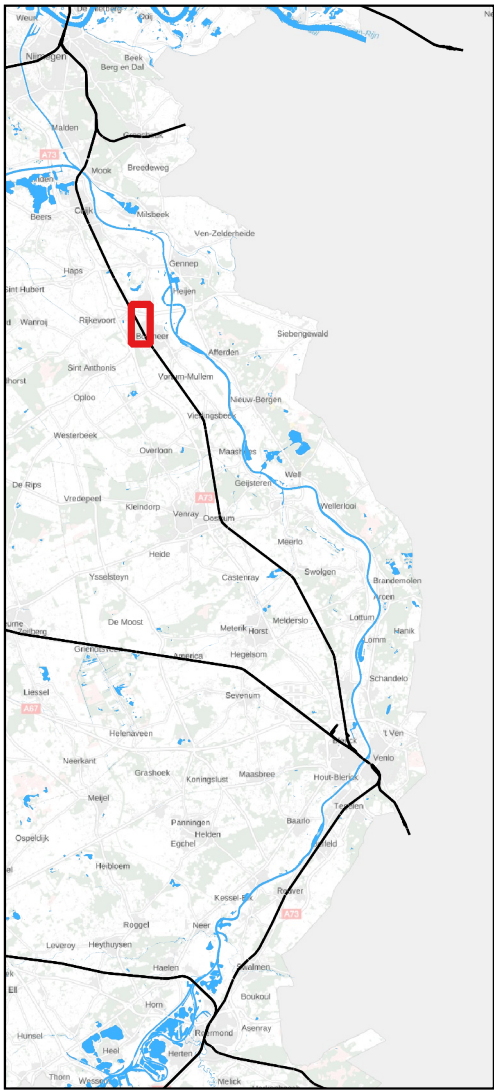
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



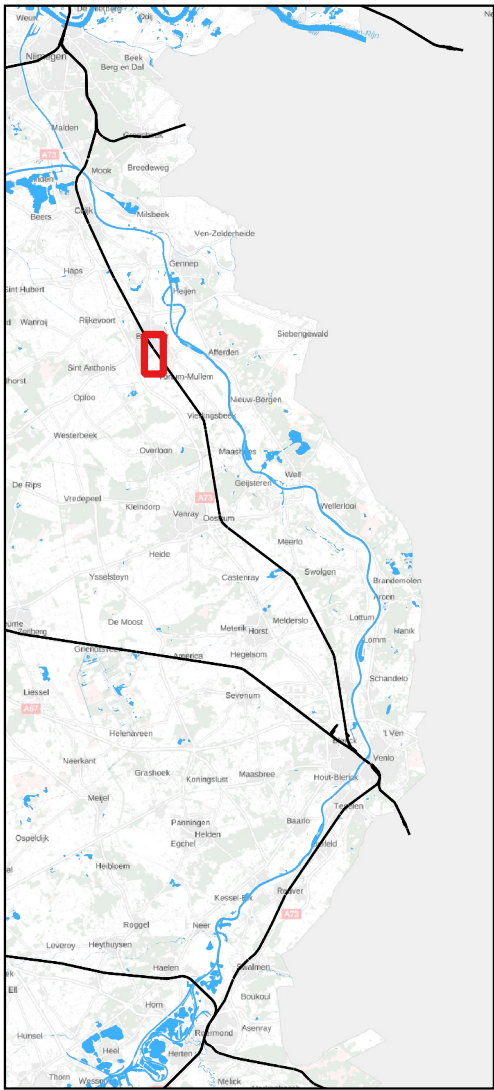
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



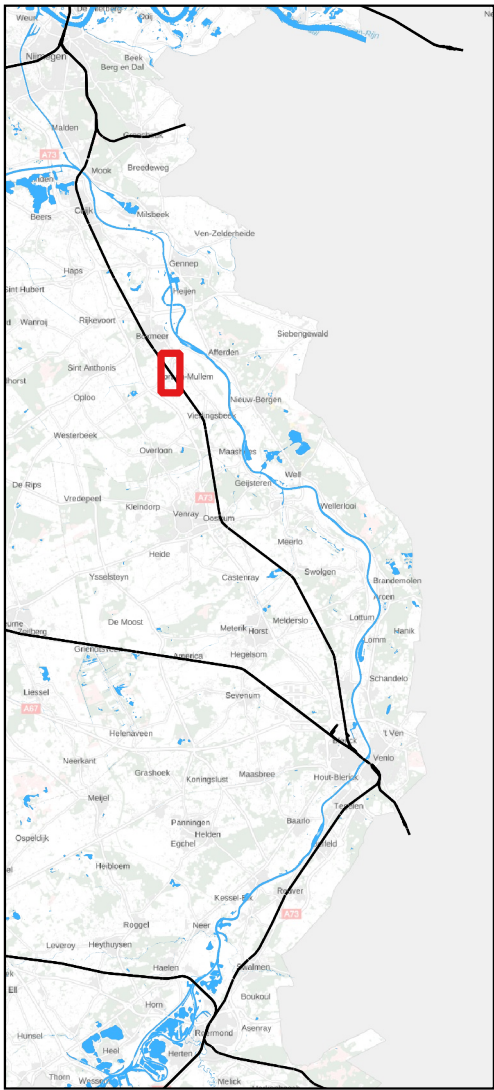
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



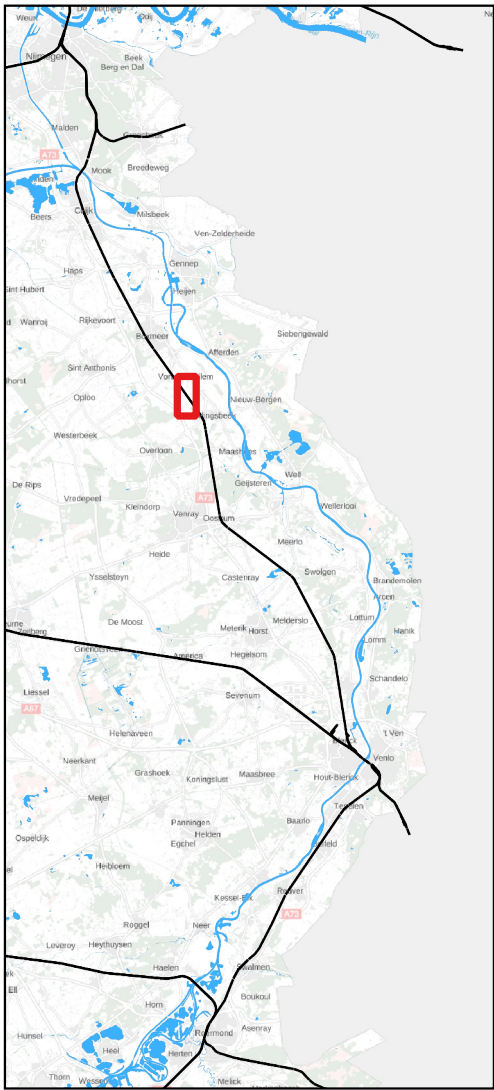
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



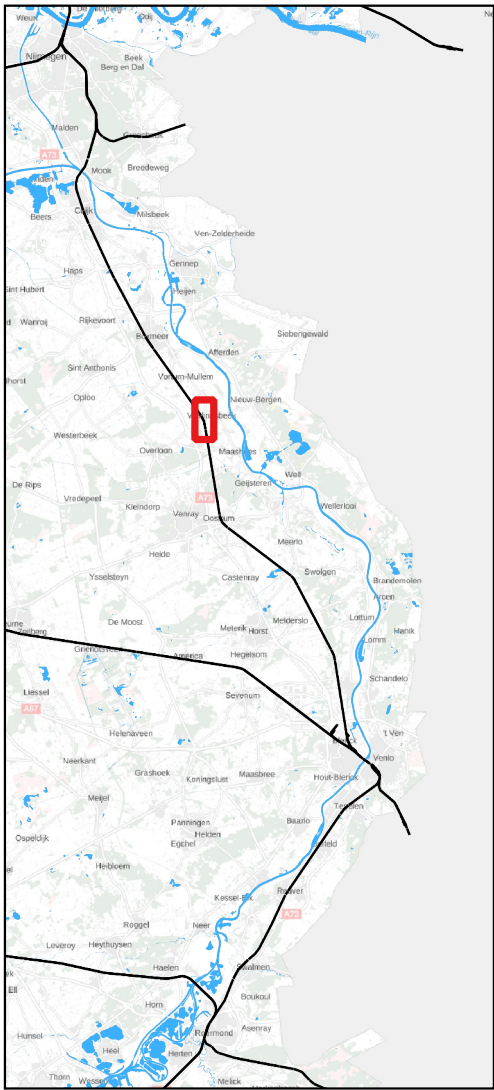
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



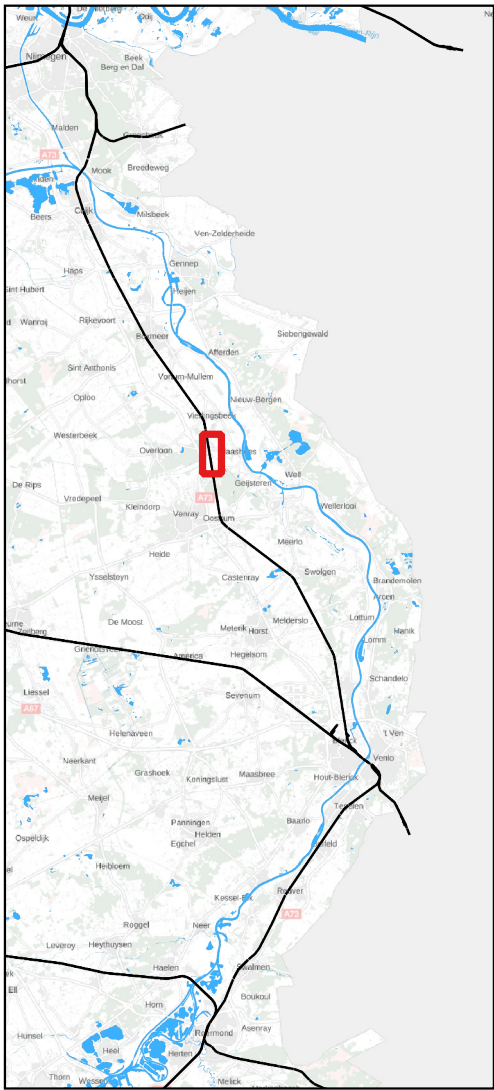
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



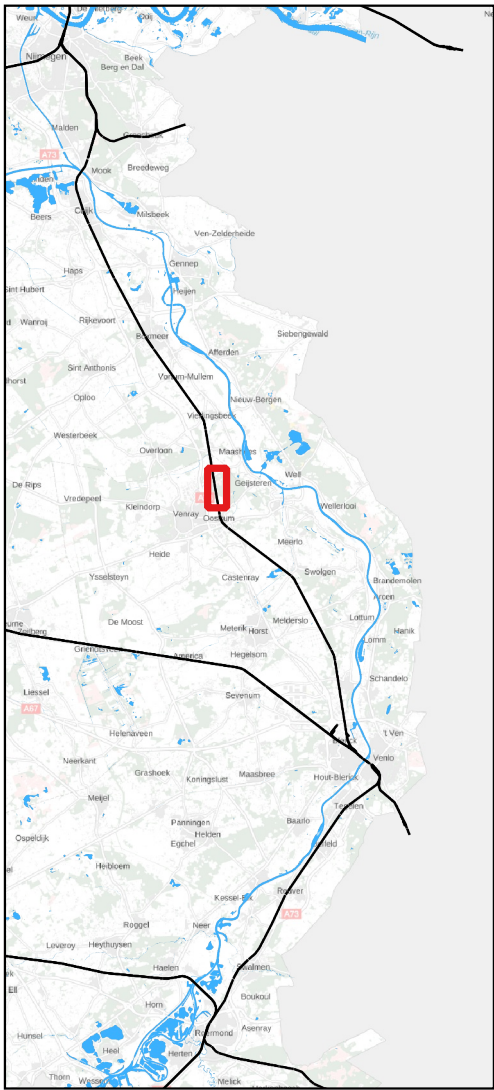
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



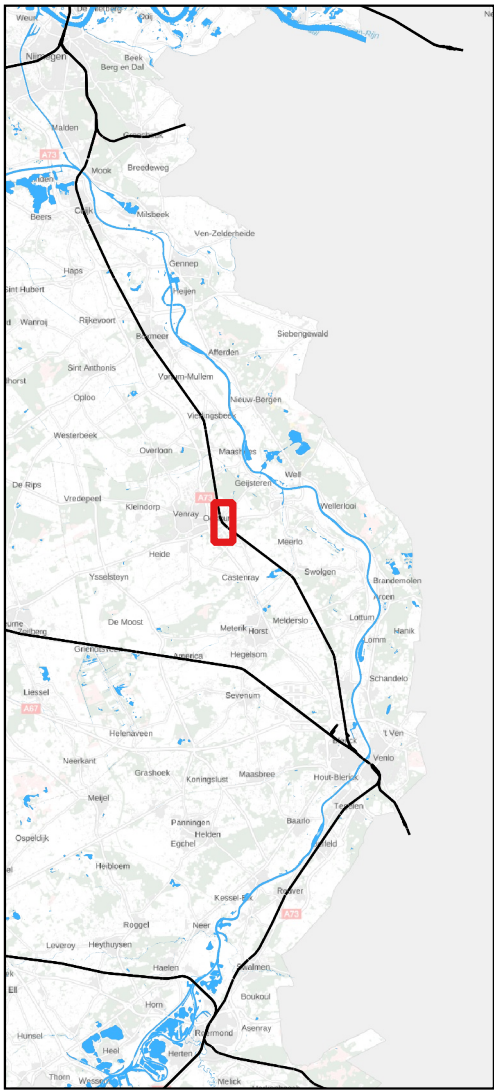
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



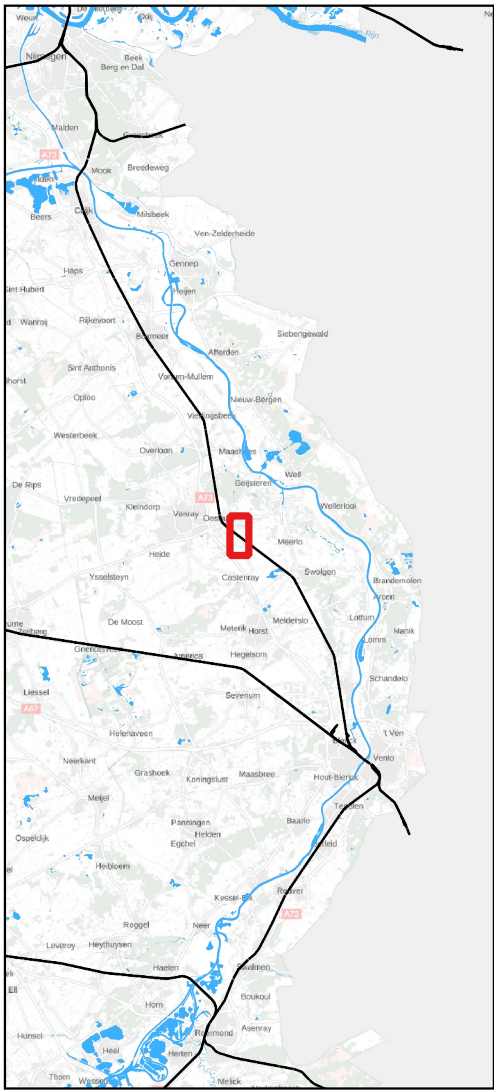
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



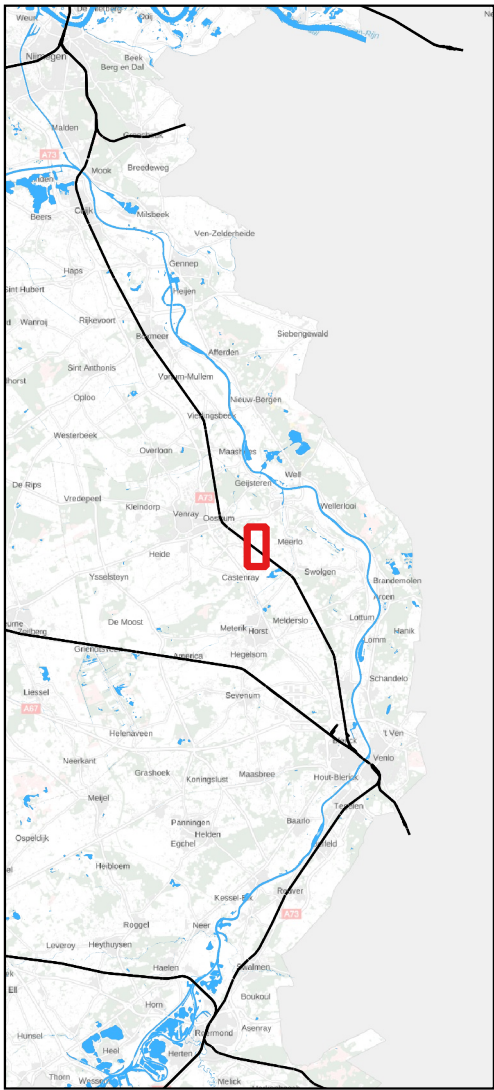
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



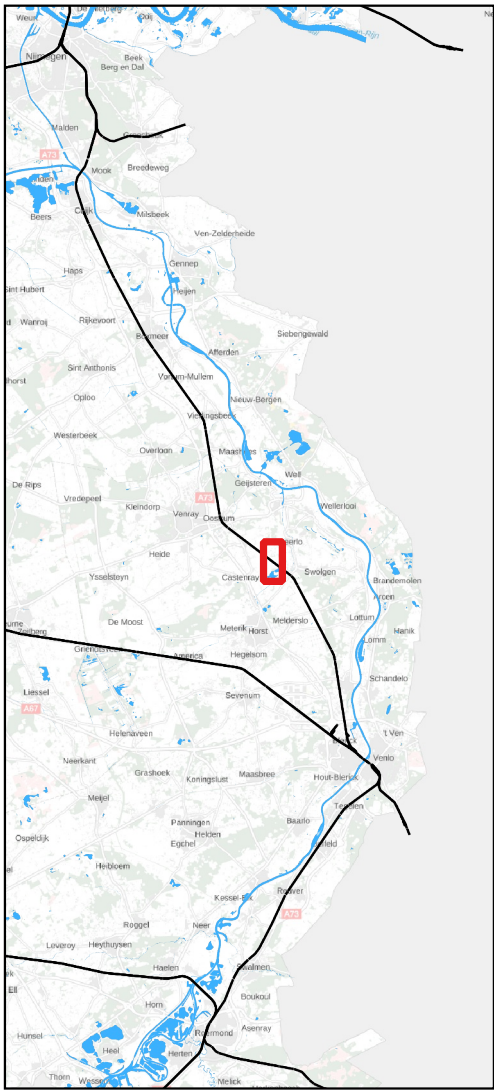
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



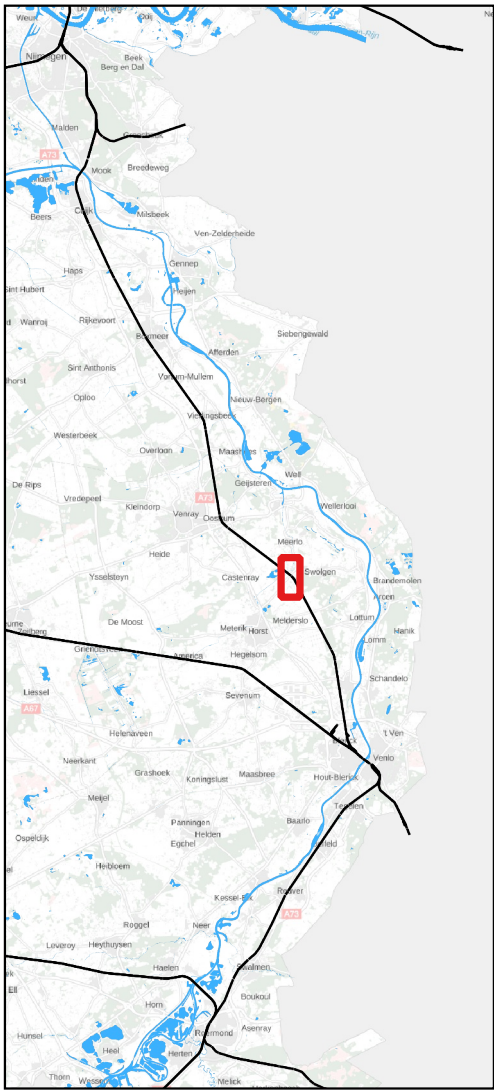
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



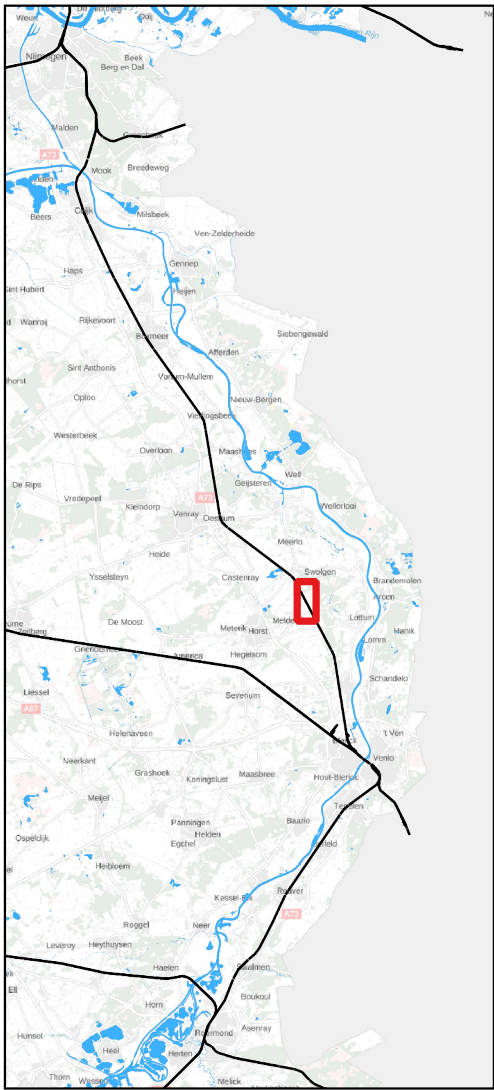
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



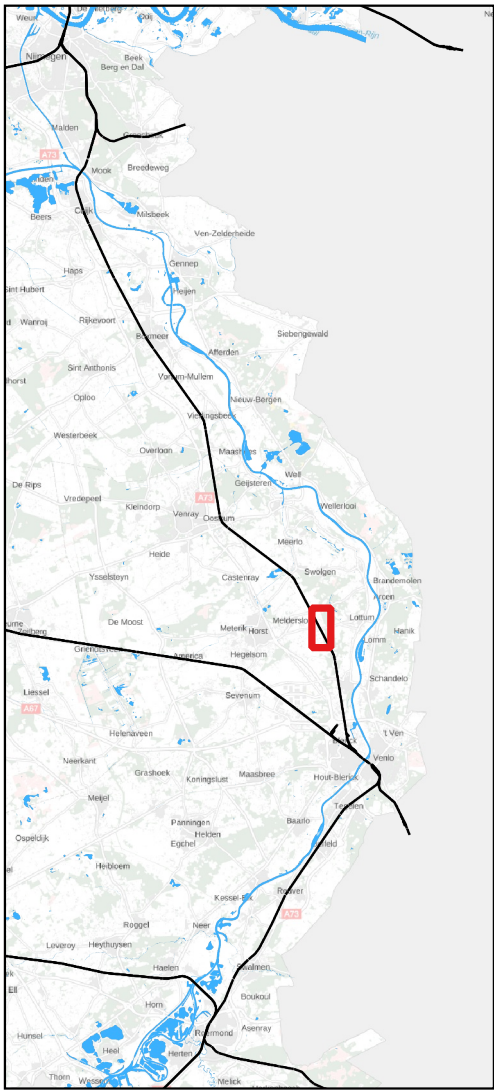
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



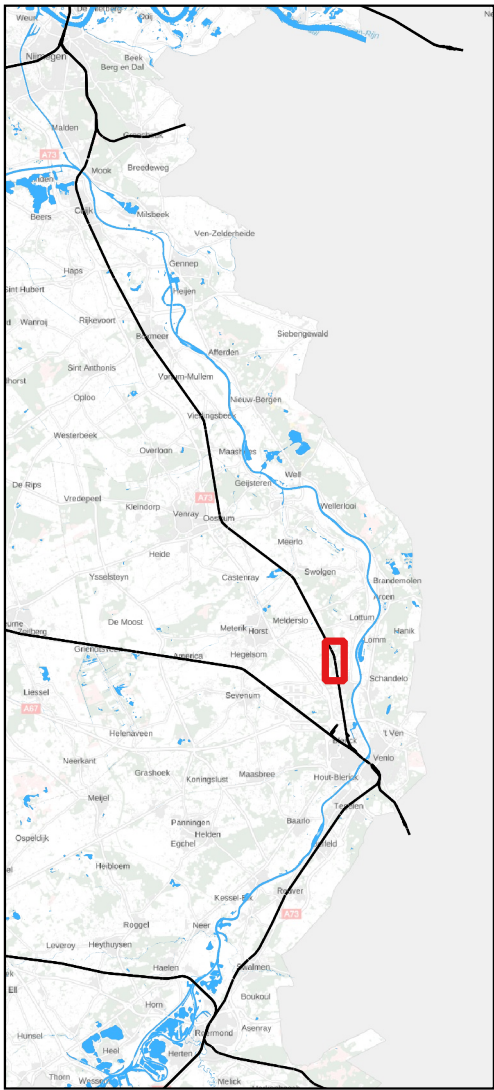
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



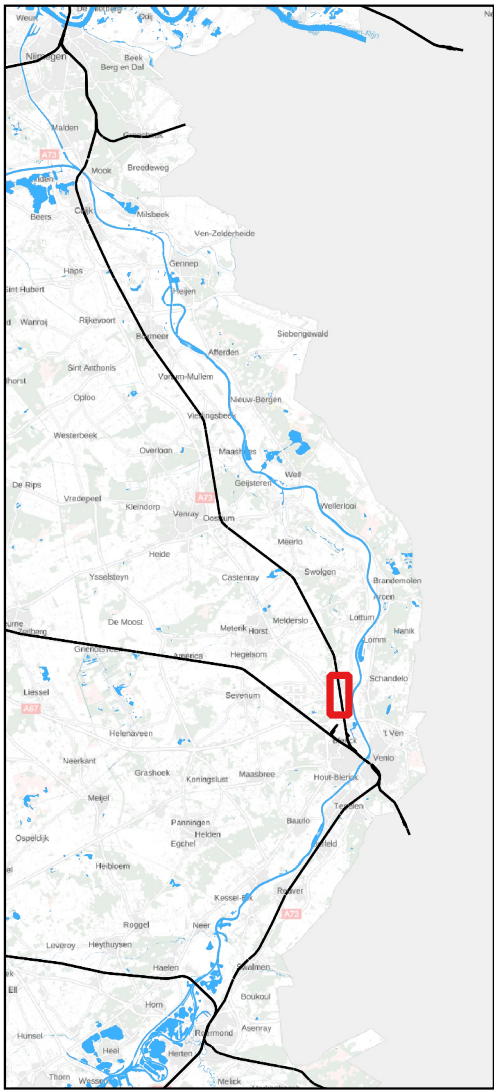
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



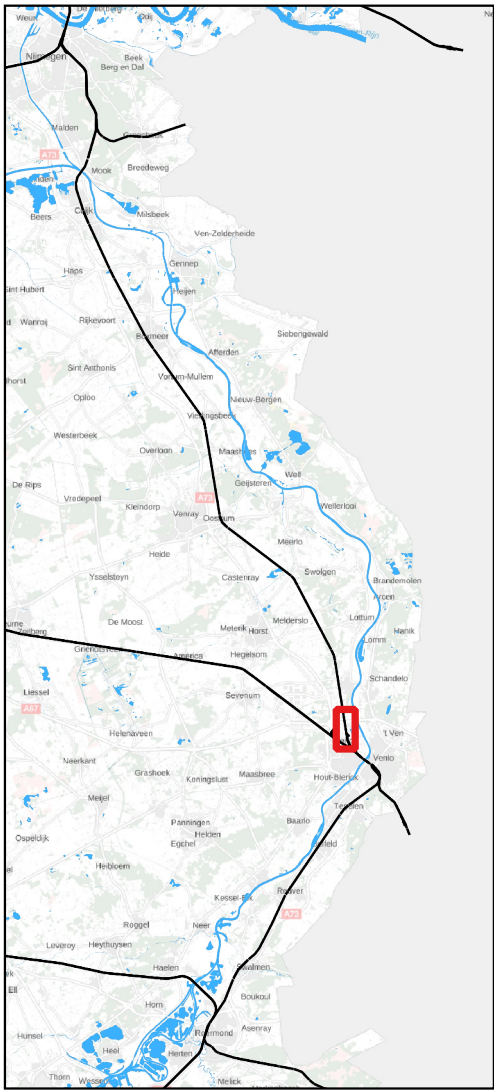
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



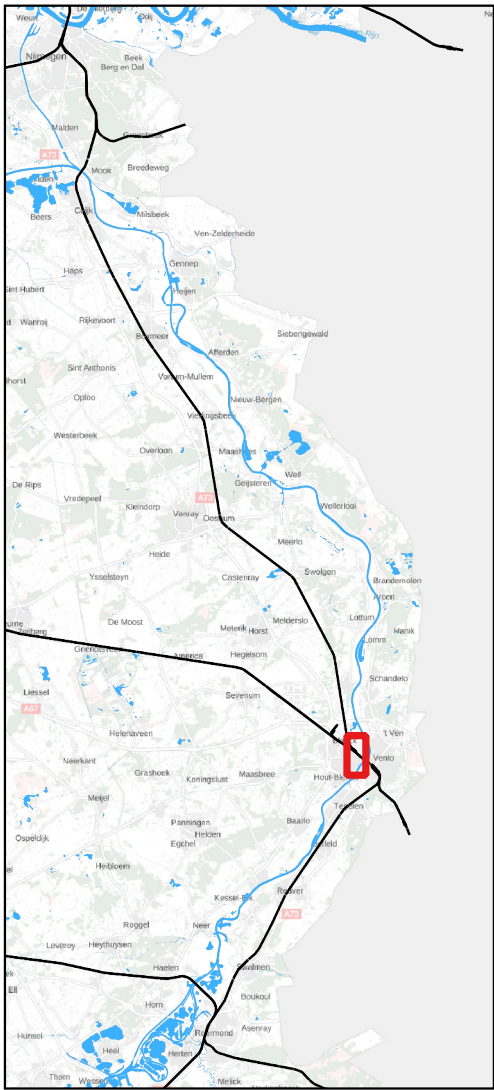
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



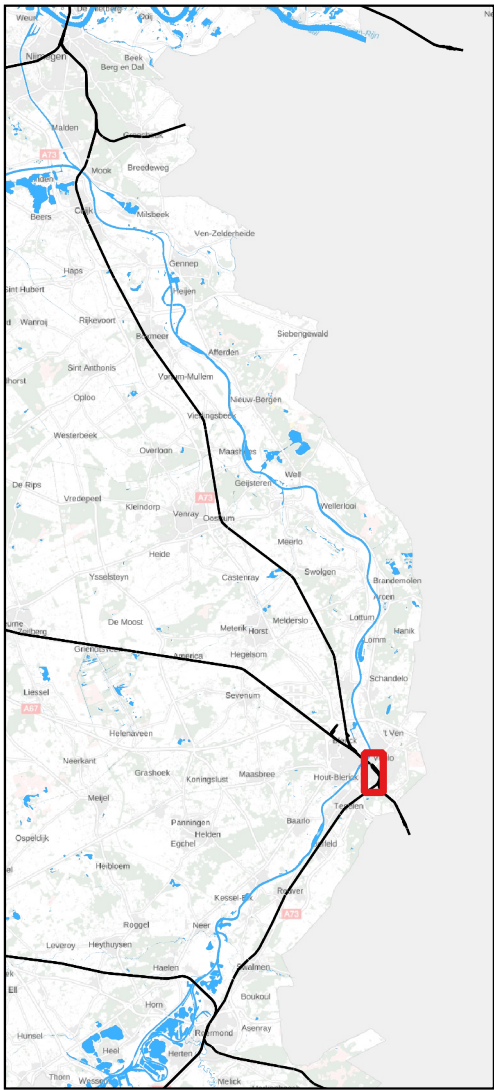
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



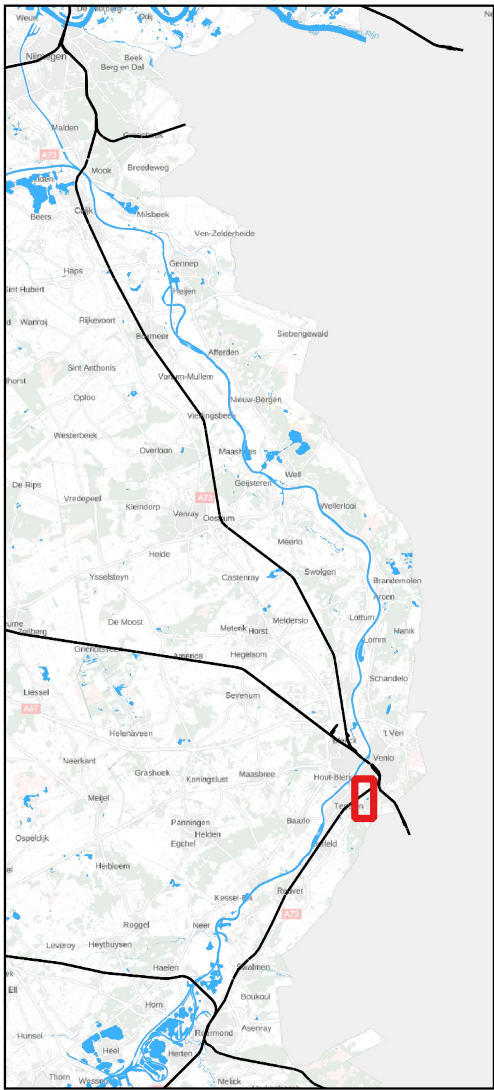
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



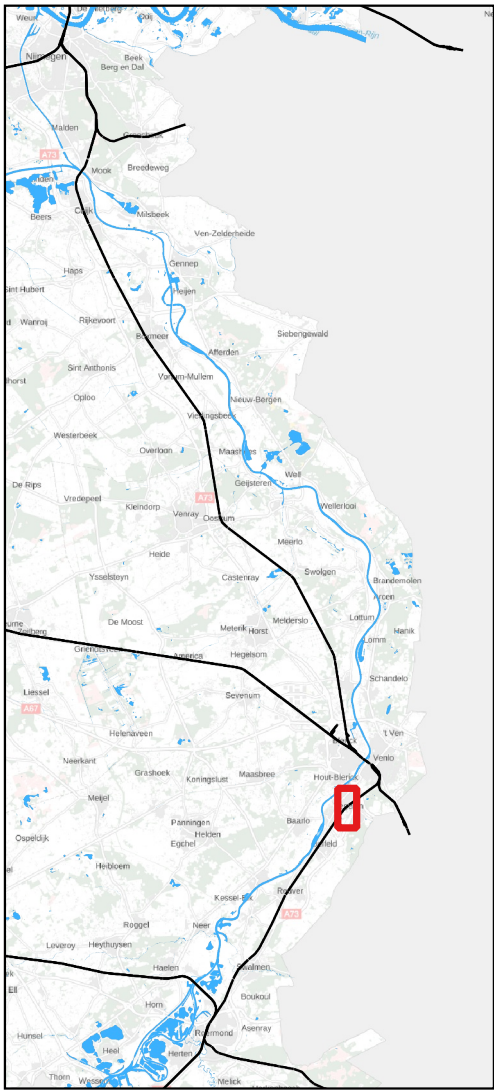
Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Mogelijke overschrijding



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

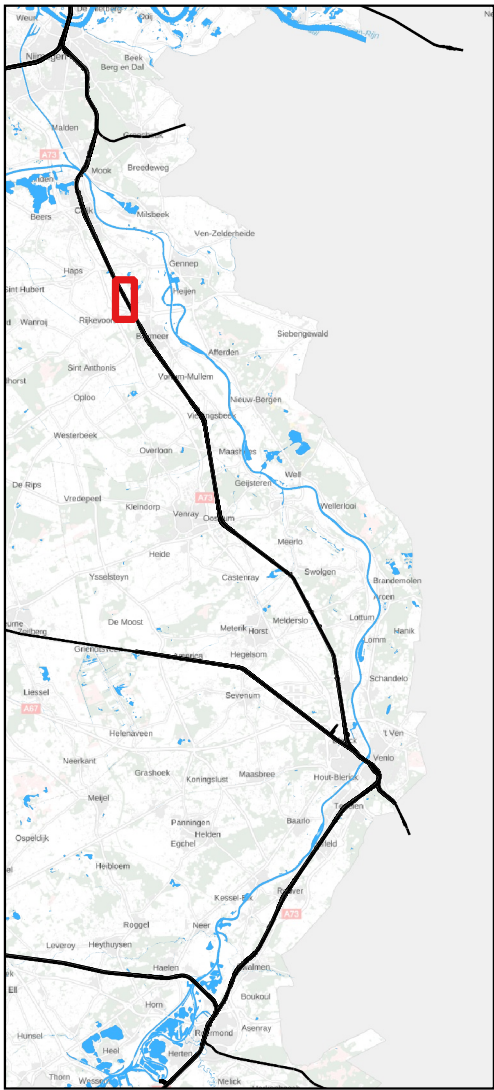
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

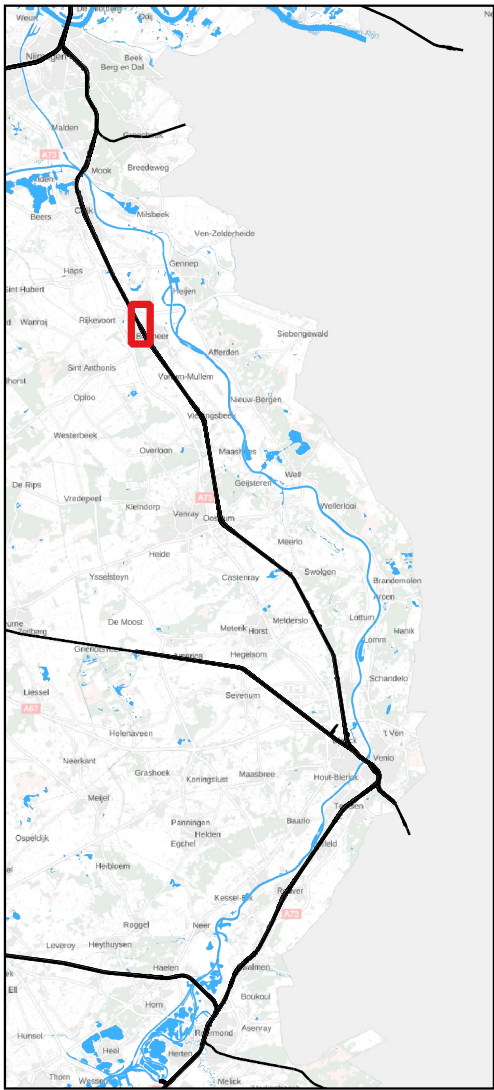
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

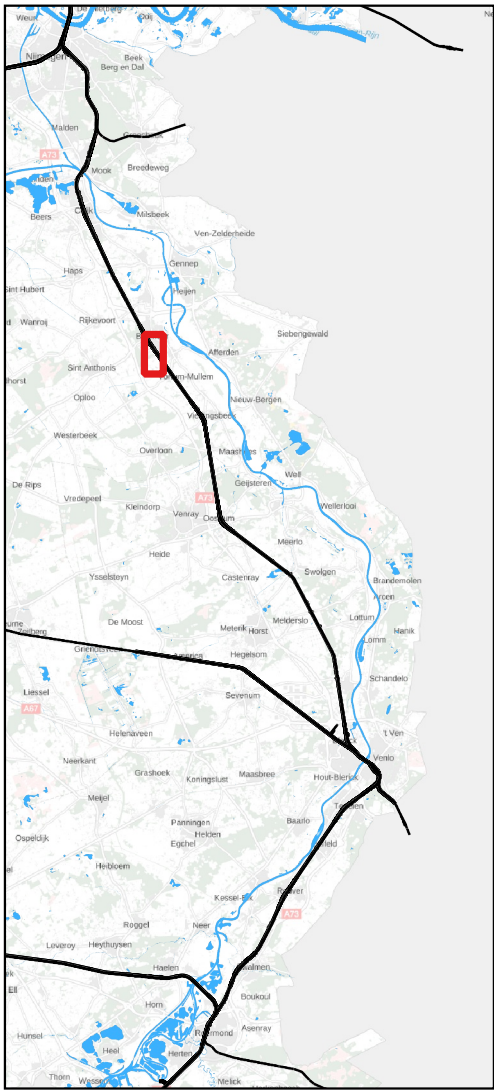
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

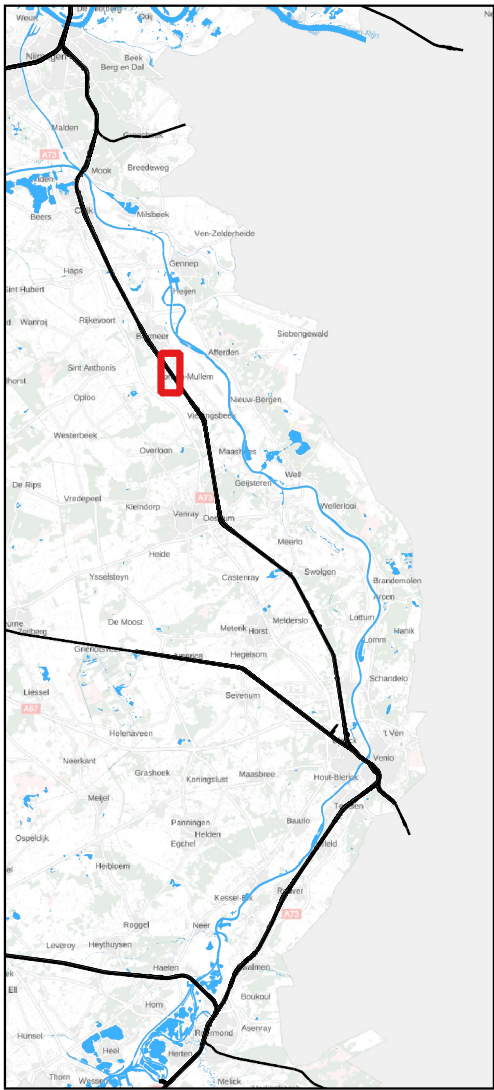
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

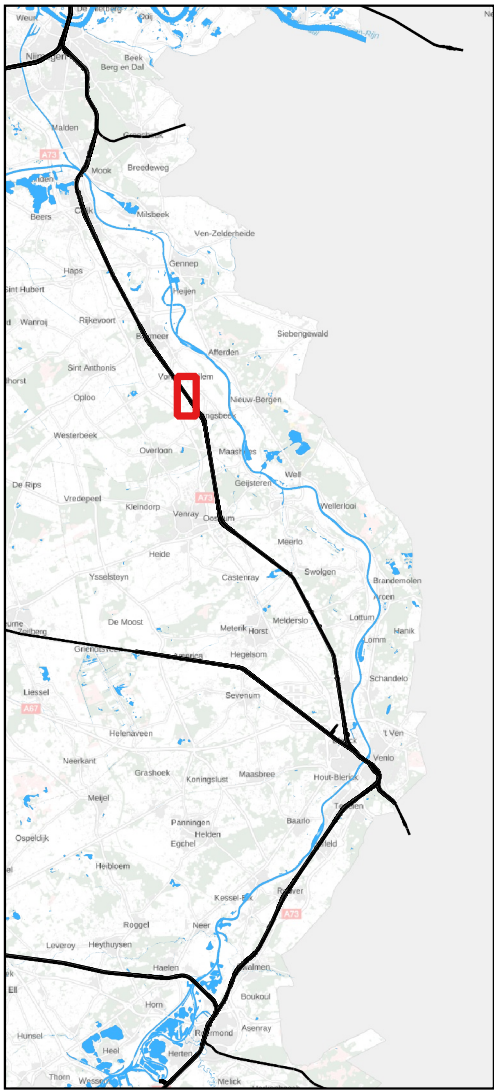
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

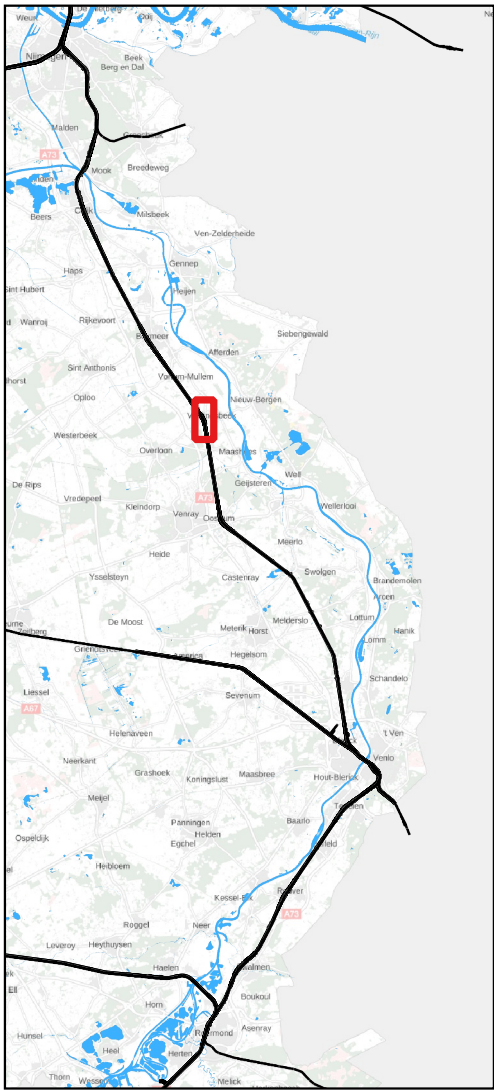
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

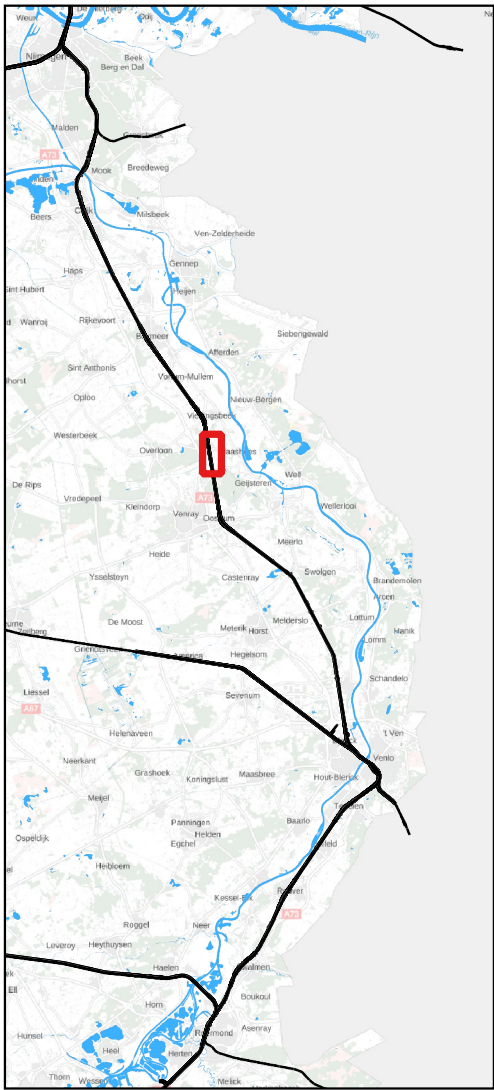
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

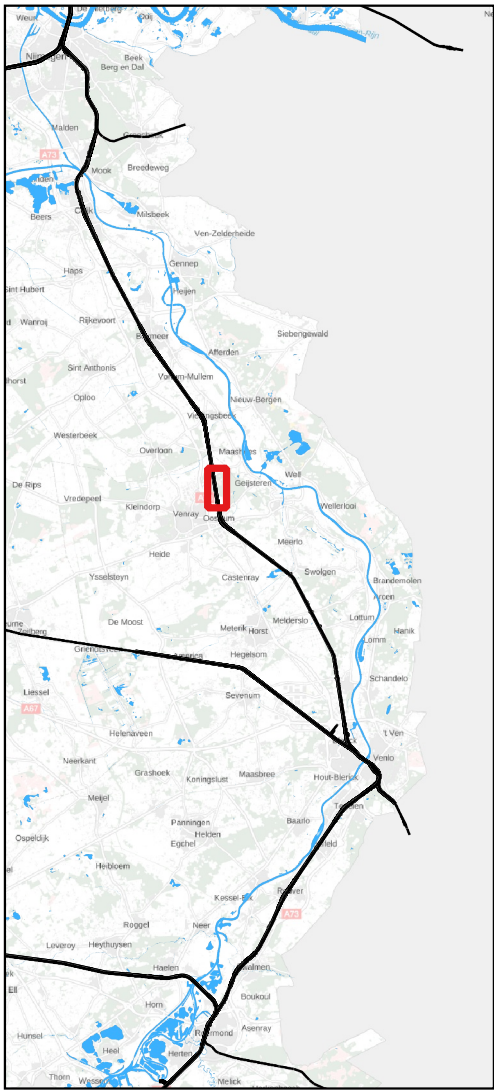
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

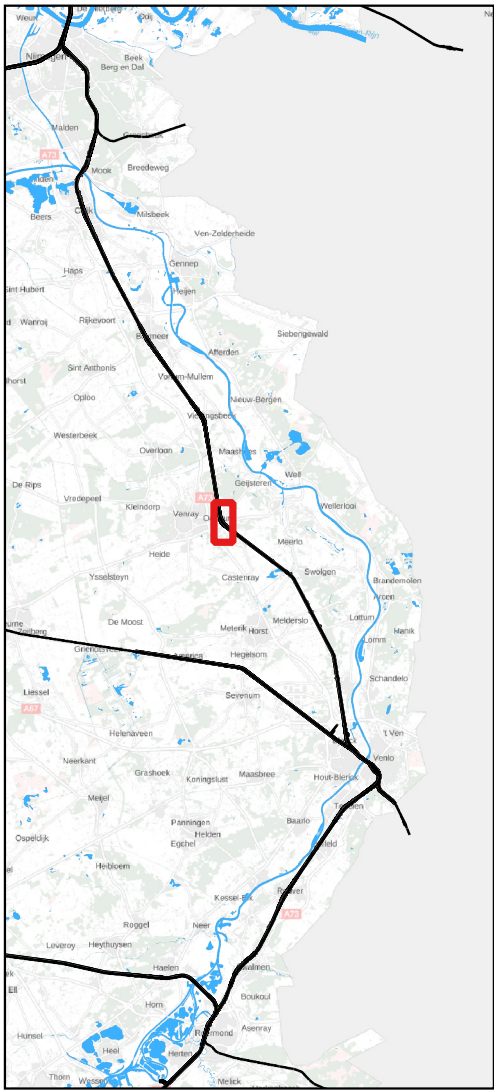
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

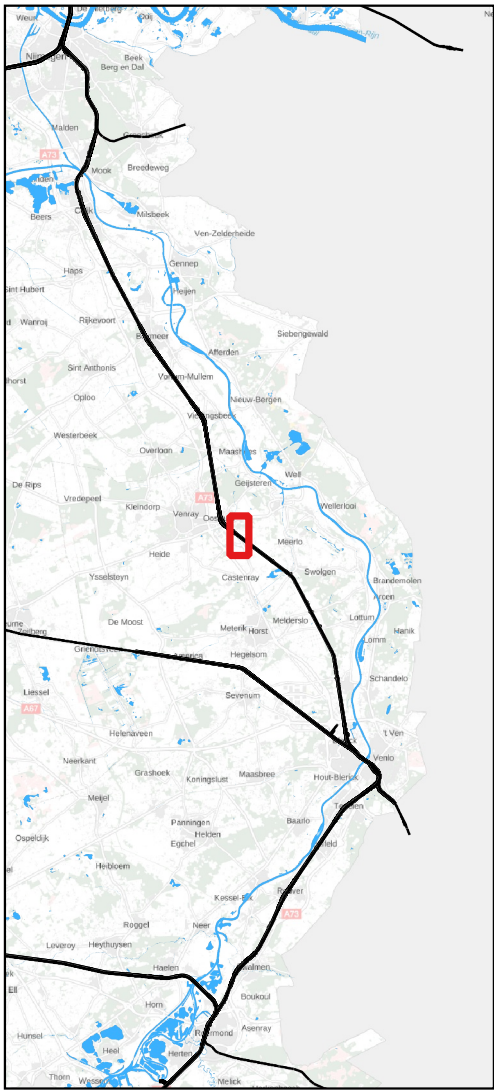
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

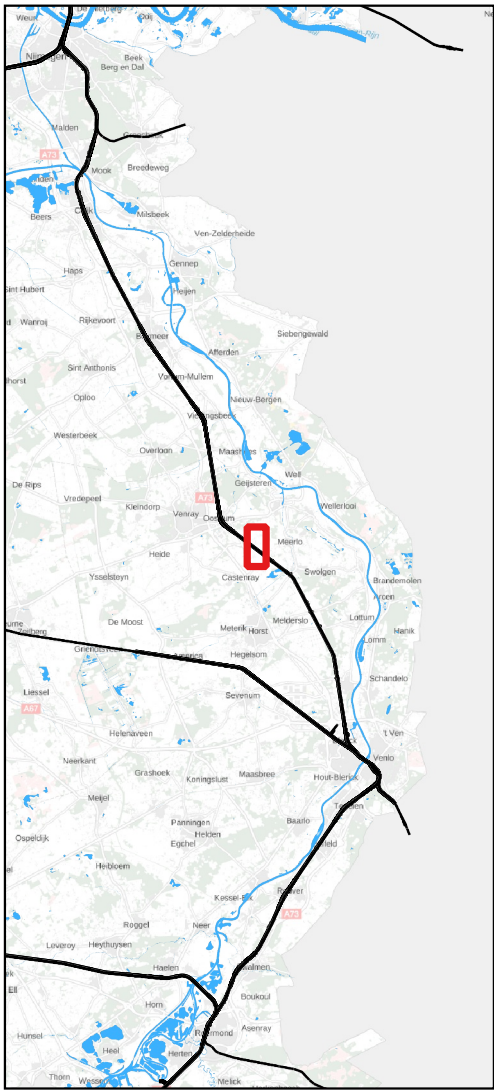
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

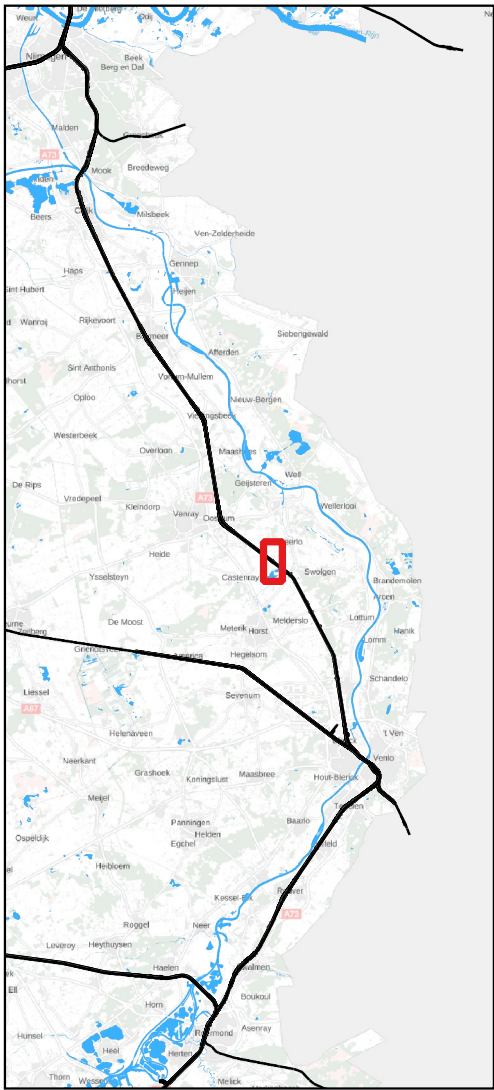
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

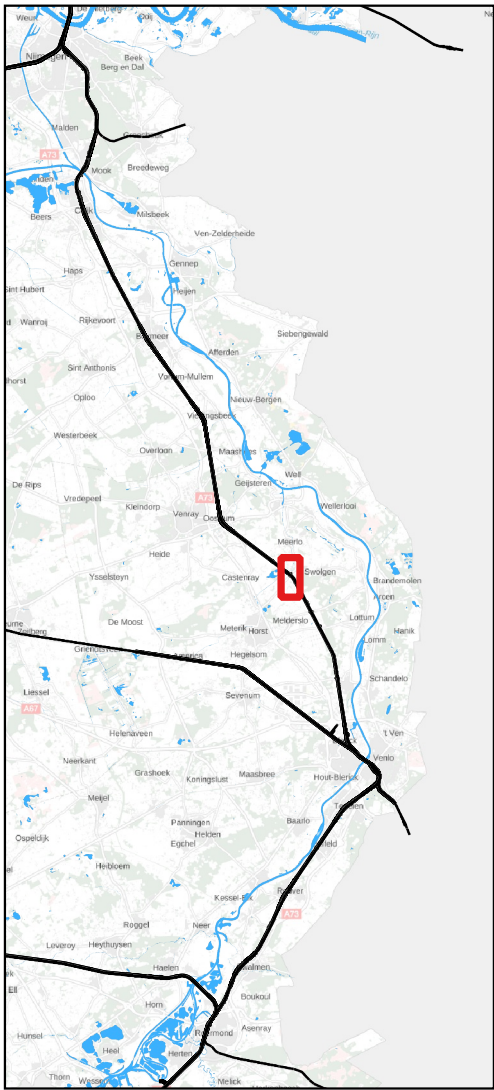
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

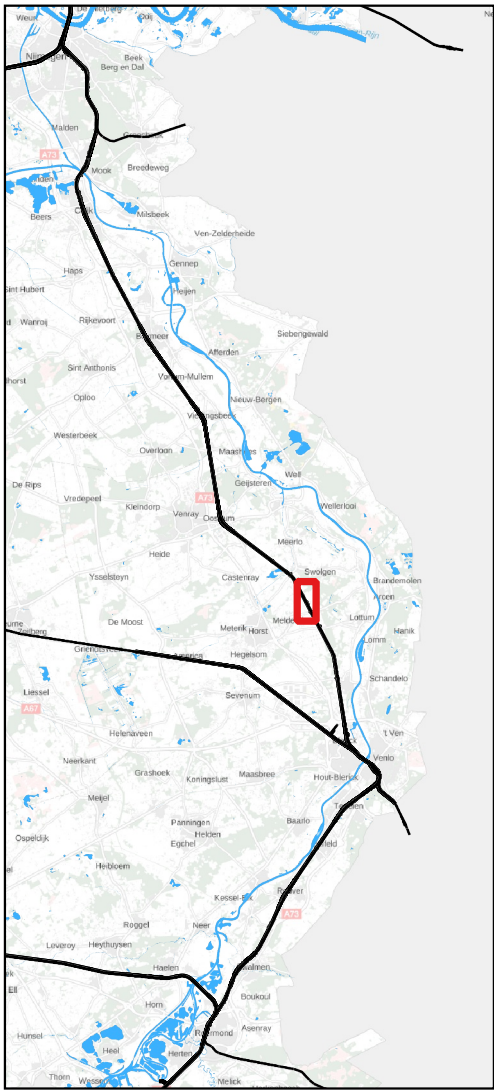
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

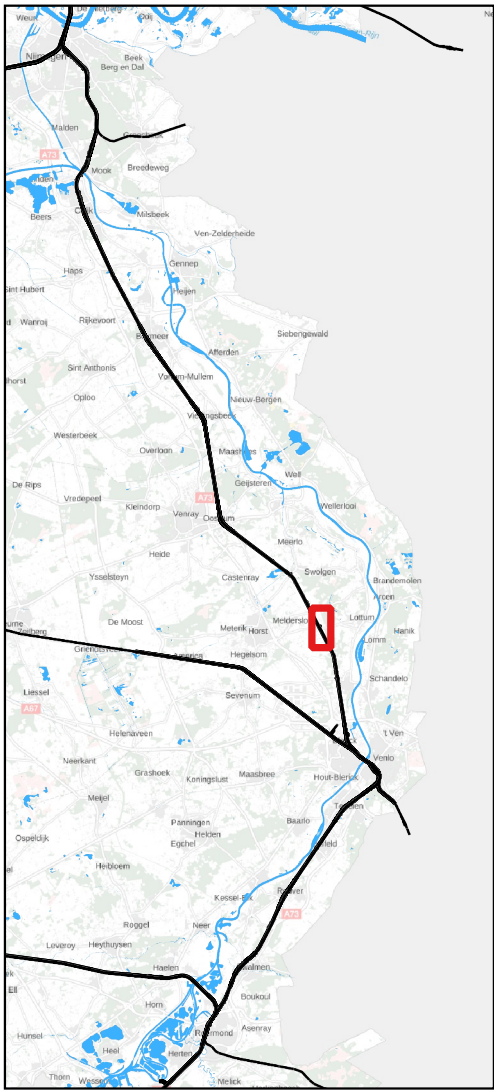
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

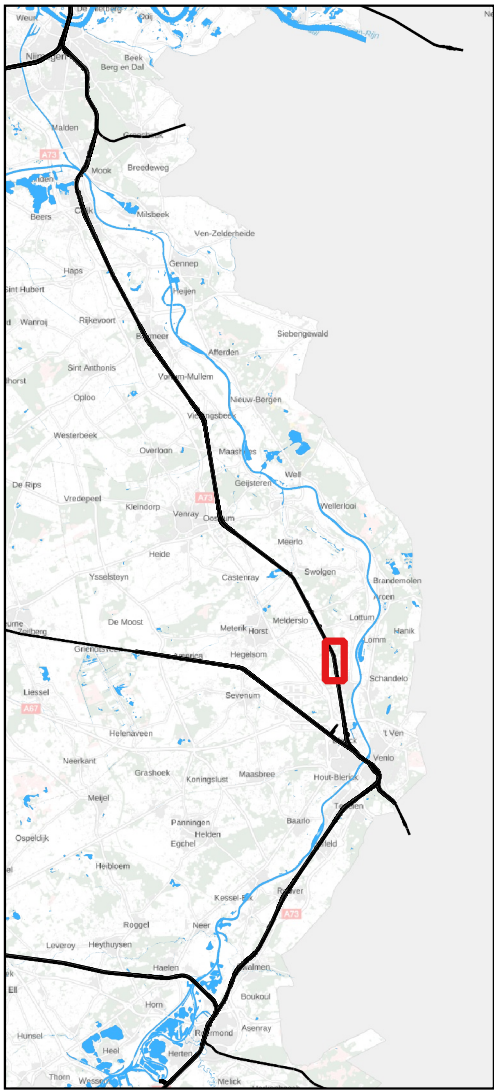
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

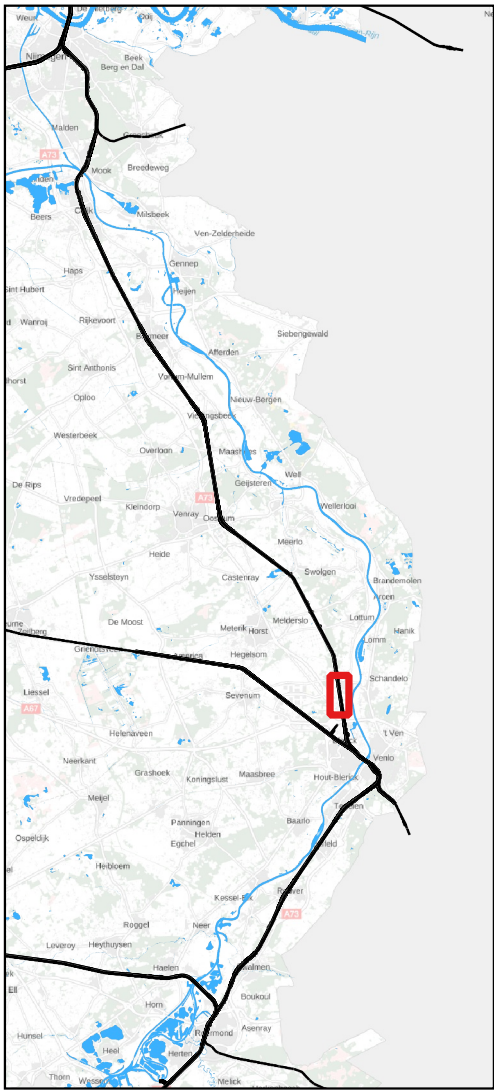
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

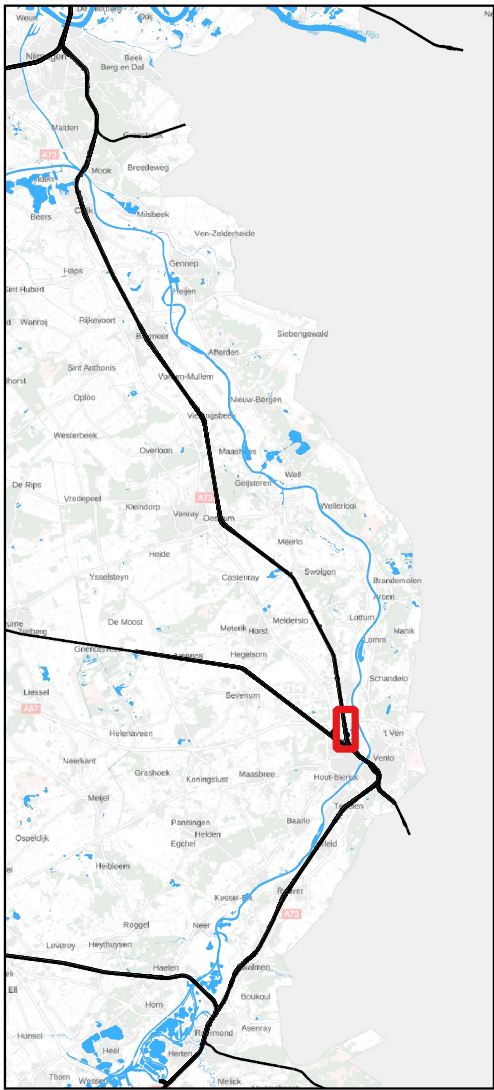
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

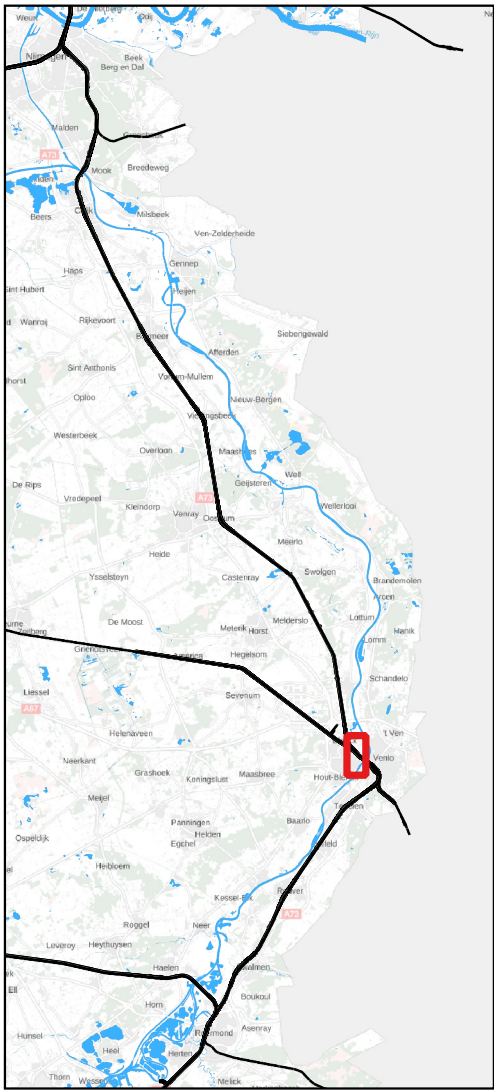
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

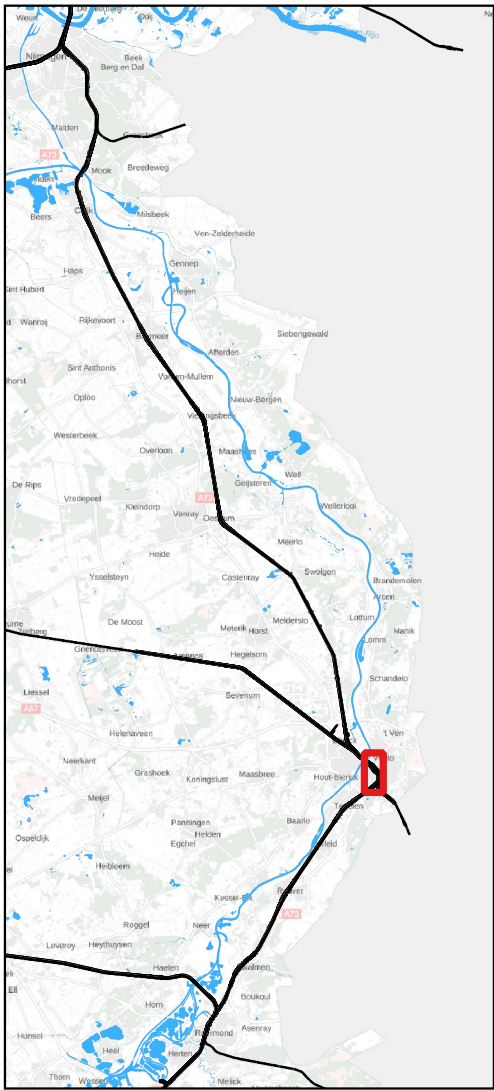
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

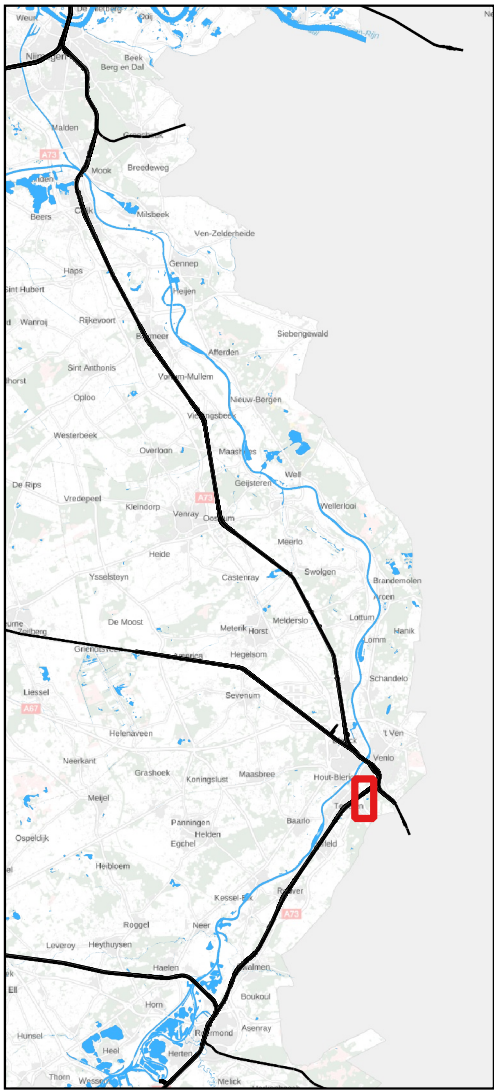
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

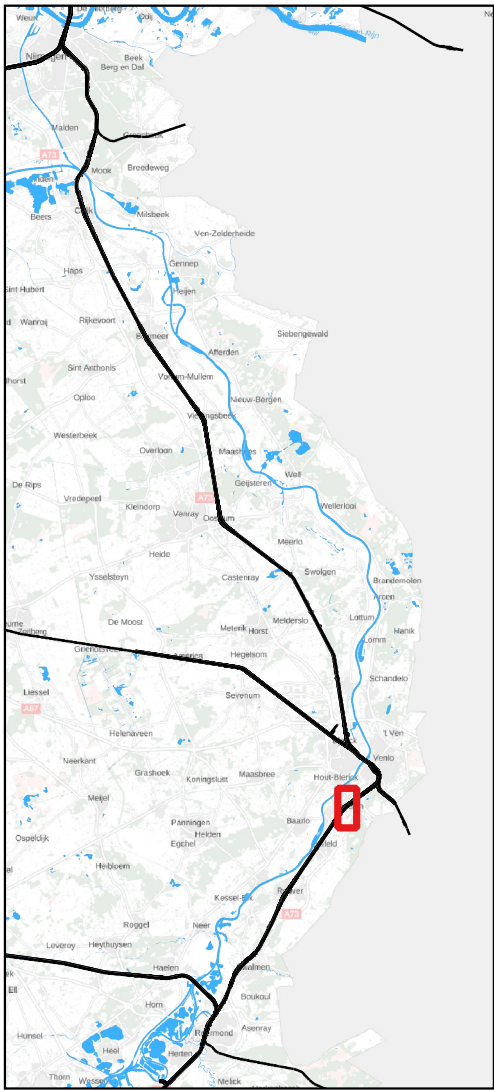
- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Plansituatie

Trillingssnelheid Vd

- < 0.50 mm/s
- 0.50 - 1.00 mm/s
- 1.00 - 1.50 mm/s
- 1.50 - 1.96 mm/s
- > 1.96 mm/s



Bijlage IX – Maatregelenonderzoek

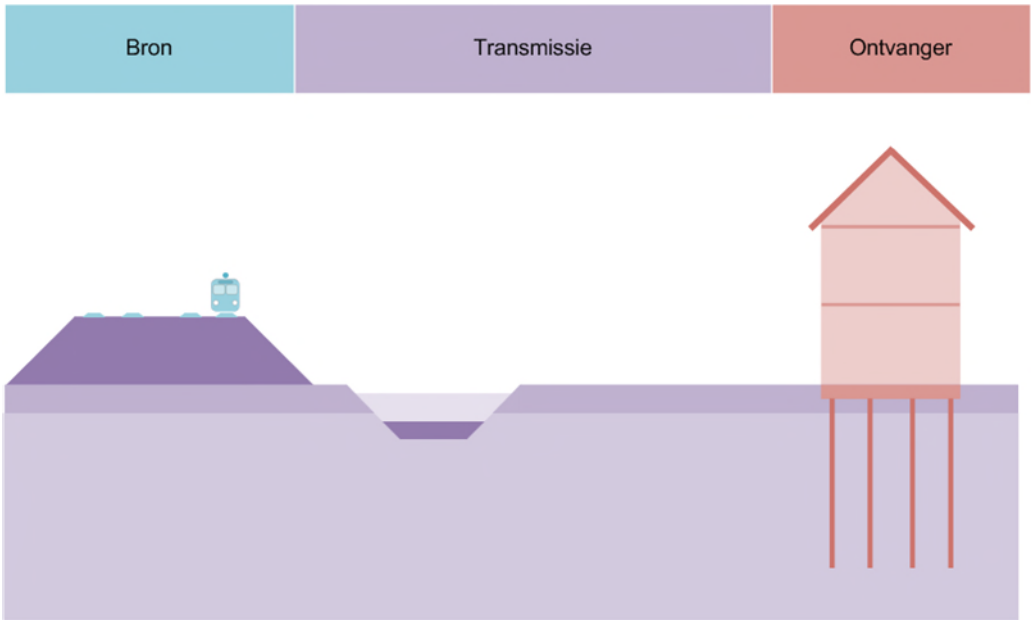
Deze bijlage bevat de resultaten van het gevolgde maatregelnonderzoek voor clusters waar op basis van het trillingsonderzoek een kans is op overschrijdingen. In deze bijlage gaan we eerst in op de mogelijk te nemen maatregelen, daarna op de gevolgde methodiek en tenslotte gaan we per cluster in op het uitgevoerde maatregelenonderzoek.

IX.2 Mogelijke maatregelen

Trillingen ten gevolge van treinverkeer kunnen op drie posities worden gereduceerd:

1. Bij de bron (treinen[20] of spoorconstructie);
2. Tussen de bron en de ontvanger (in de bodem);
3. Bij de ontvanger (gebouw).

Deze drie posities zijn schematisch weergegeven in Figuur 98.



Figuur 98: Schematisch overzicht spoorsysteem

Er zijn twee mogelijke principes om de trillingshinder te reduceren:

- Het verhogen van de impedantie van de aangestoten constructie (de mate waarin een constructie in beweging kan worden gebracht). Dit kan bijvoorbeeld door het verhogen van de stijfheid van de constructie of het vergroten van de massa.
- Het ontkoppelen van de bron en de ontvanger door het toepassen van verende of reflecterende tussenlagen. Dit type maatregel wordt het meest toegepast.

In de praktijk is het reduceren van trillingen van treinverkeer zeer moeilijk. De effectiviteit van een maatregel hangt af van een groot aantal factoren. Maatregelen die op de ene locatie effectief zijn, kunnen op een andere locatie de trillingssterkte niet of veel minder reduceren. Het uitvoeren van een maatregelenonderzoek vindt daarom altijd locatiespecifiek plaats.

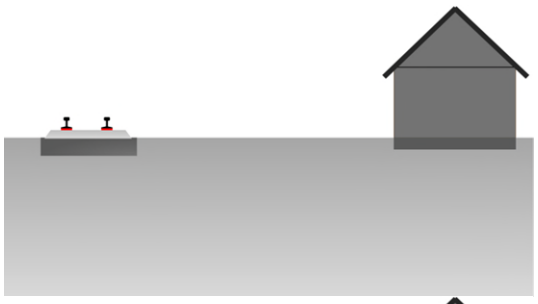
[20] ProRail noch het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) kan spoorwegondernemeningen dwingen om ander materieel te rijden of bepaalde vervoerders snelheidsbeperkingen op te leggen. Hoewel deze maatregelen dus effectief kunnen zijn, zijn dit momenteel juridisch gezien geen maatregelen die kunnen worden ingezet.

In het voorliggende onderzoek is door middel van bronnenonderzoek, expert interviews en brainstormsessies een breed scala aan mogelijke trillingsmaatregelen bepaald. De verschillende types maatregelen worden in de onderstaande subparagrafen nader toegelicht.

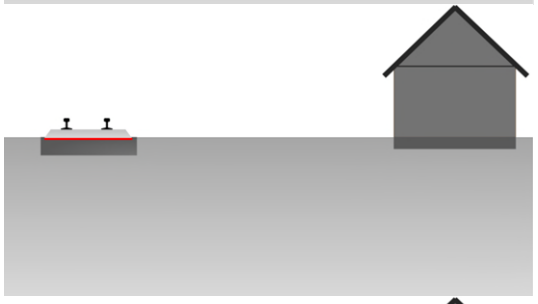
IX.1.1 Mogelijke maatregelen aan de bron

De meest effectieve aanpak is het reduceren van de trillingen bij de bron: de trein of het spoorsysteem. Mogelijke maatregelen zijn:

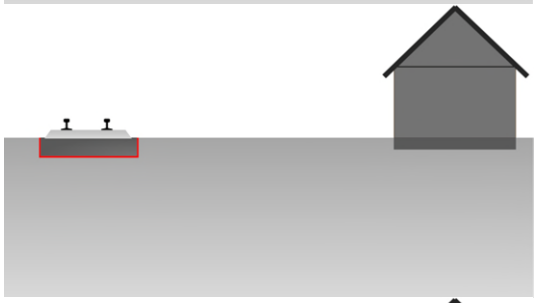
Railpads, een verende constructie tussen spoorstaaf en dwarsligger, vaak in de vorm van een rubberen plaat.



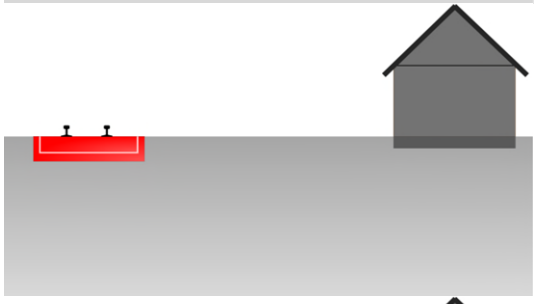
Under sleeper pads, een verende constructie tussen dwarsligger en ballast of betonplaat, vaak in de vorm van een rubberen plaat.



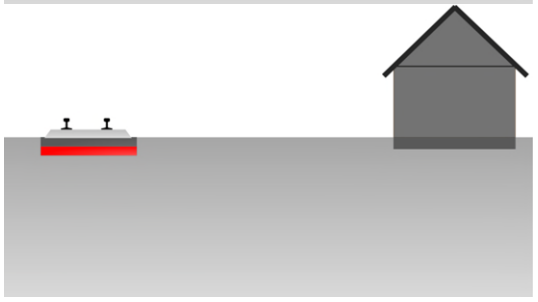
Ballastmatten, een verende constructie onder het ballast, vaak in de vorm van een rubberen mat. Om deze maatregel bij een aardebaansituatie toe te passen, dient de ballastmat aan de zijkant te worden opgesloten en is een goede afwatering van belang.



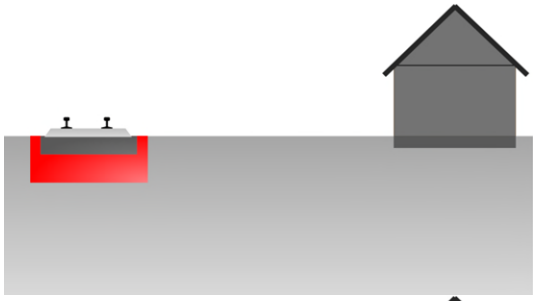
Floating slab track, een verende oplegging van het gehele spoorsysteem. Het effect hangt sterk af van de gekozen constructie (eigenfrequentie en demping).



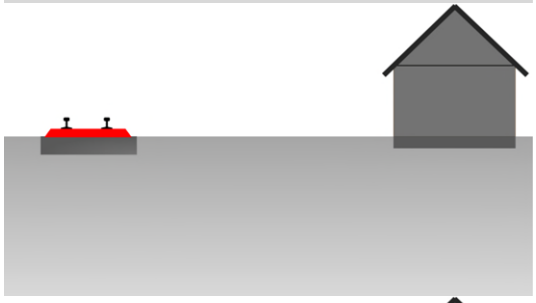
Slab track, een betonplaat onder het ballast. Deze maatregel heeft vaak alleen effect bij lage frequenties en een slappe bodem door de minimalisatie van zettingsverschillen in het spoor. De maatregel kan worden gecombineerd met een slappe ballastmat om meer effect te bereiken.



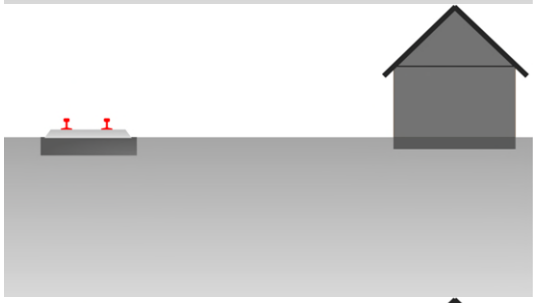
Aanpassen van de bodem onder het spoor, bijvoorbeeld door het toepassen van grondverbetering of het realiseren van een zettingsvrije plaat (onderheide betonnen plaat).



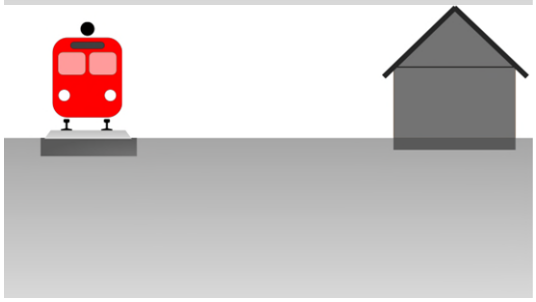
Aanpassing dwarsliggers, door de stijfheid of massa van de dwarsliggers aan te passen (grotere dwarsliggers, ander materiaal, holle dwarsliggers, wide sleepers, frame sleepers, ladddertrack, etc.) kunnen de trillingen worden gereduceerd.



Aanpassing spoorligging, bijvoorbeeld door het verplaatsen van wissels en andere oneffenheden in het spoor, zoals de aansluiting tussen aardebaan en kunstwerk. Deze oneffenheden hebben vooral op korte afstand (minder dan 50 meter) tot het spoor een grote invloed op de trillingssterkte.



Aanpassing aan voertuigen, bijvoorbeeld door het reduceren van de treinsnelheid, beter toezicht op de kwaliteit van het materieel of het aanpassen van de afveerconstructie van treinwagons.[21]



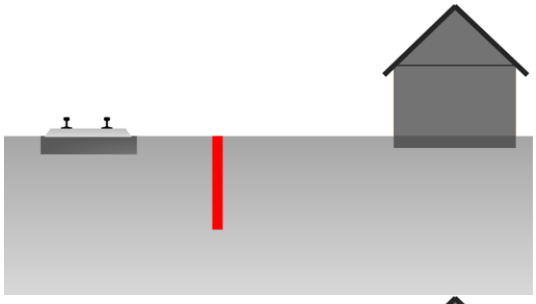
IX.1.2 Mogelijke maatregelen aan de transmissie of overdracht

Bij maatregelen aan de transmissie (of de overdracht) kan reductie van trillingshinder worden bereikt door de trillingen te absorberen of te reflecteren. Absorptie van trillingen is praktisch vrijwel niet uitvoerbaar, reflectie van trillingen kan worden bereikt door het introduceren van een fysieke barrière tussen de bron en de ontvanger. Een dergelijke barrière kan worden gerealiseerd met een zeer licht materiaal zoals EPS[22] (of zelfs geen materiaal, zoals bij een sloot), of juist een zeer zwaar en stijf materiaal (zoals beton). Belangrijk is dat er een impedantiesprong wordt gecreëerd. Het ontwerpen van maatregelen aan de transmissie dient daarom altijd locatiespecifiek te worden uitgevoerd, zodat de lokale bodemkarakteristieken worden meegenomen.

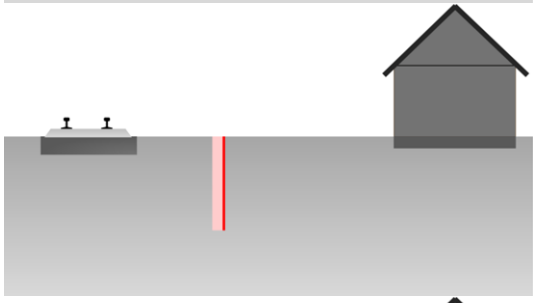
Mogelijke transmissiemaatregelen zijn onder meer:

[21] ProRail noch het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) kan spoorwegondernemeningen dwingen om ander materieel te rijden of bepaalde vervoerders snelheidsbeperkingen op te leggen. Hoewel deze maatregelen dus effectief kunnen zijn, zijn dit momenteel juridisch gezien geen maatregelen die kunnen worden ingezet.
[22] EPS is een kunststof bestaande uit geëxpandeerd polystyreen, in de volksmond bekend als piepschuim.

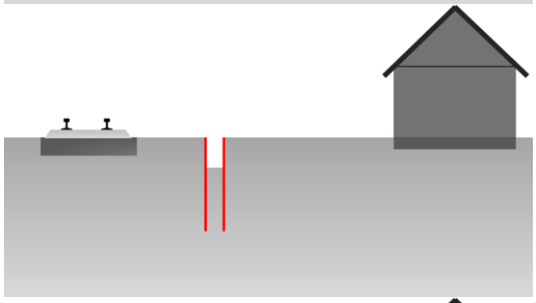
Trillingsreducerende ondergrondse constructie (TROC), bijvoorbeeld van beton, jetgrout, een damwand, prefab L-wand, Mix-In-Place of EPS. Een dergelijke constructie kan de trillingen absorberen (bij een zware constructie) of reflecteren, waardoor er een barrière ontstaat tussen bron en ontvanger.



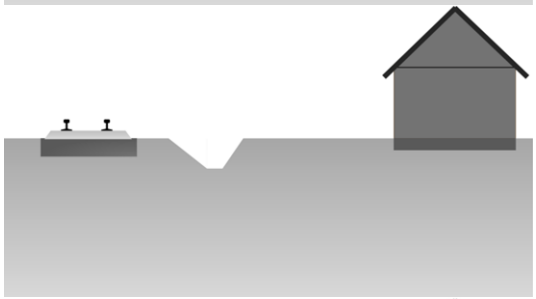
Beklede trillingsreducerende ondergrondse constructie (beklede TROC), waarbij de barrière wordt voorzien van een extra laag slap materiaal, bijvoorbeeld rubber, om een extra impedantiesprong te creëren. Deze maatregel heeft doorgaans meer effect dan een niet-beklede barrière.



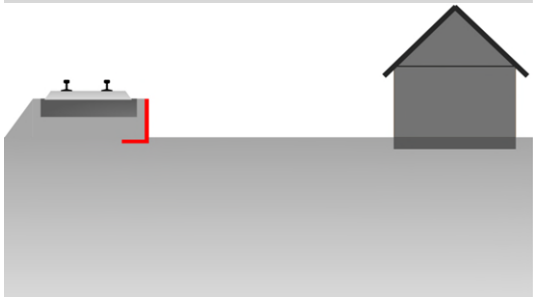
Toepassen van een sleuf en damwand(en), bij deze constructie wordt een smalle sloot of EPS-constructie gerealiseerd naast een of tussen twee damwanden. De verschillende materialen zorgen voor impedantiesprongen, waardoor reflectie van de trillingsgolven optreedt.



Sloot, hierbij wordt een fysieke onderbreking gecreëerd in het pad van de trillingen tussen bron en ontvanger.



Aanpassen talud, bijvoorbeeld door het realiseren van een betonnen L-wand of het toepassen van geogrids. Treinen op een verhoogd talud geven doorgaans minder trillingen dan treinen die op maaiveld rijden.



Voor al deze maatregelen geldt dat het effect voor reizigerstreinen groter is dan voor goederentreinen. Afhankelijke van de lokale bodemopbouw kunnen de maatregelen ook effect hebben voor goederentreinen. Het effect van een maatregel wordt daarom altijd frequentieafhankelijk doorgerekend, om rekening te houden met dit verschil in effect.

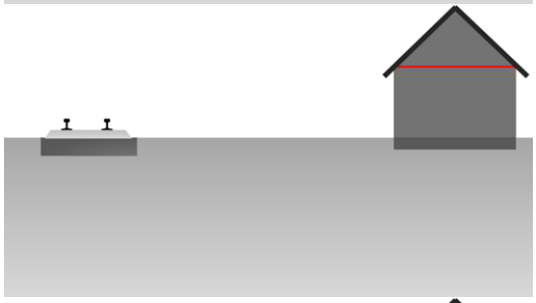
IX.1.3 Mogelijke maatregelen aan de ontvanger

De laatste categorie maatregelen zijn maatregelen aan de ontvanger, aan de gebouwen. Nadeel van deze categorie is dat de meeste opties grote impact hebben op de gebruikers van de gebouwen en vrijwel niet uitvoerbaar zijn voor bestaande gebouwen. De volgende maatregelen zijn mogelijk:

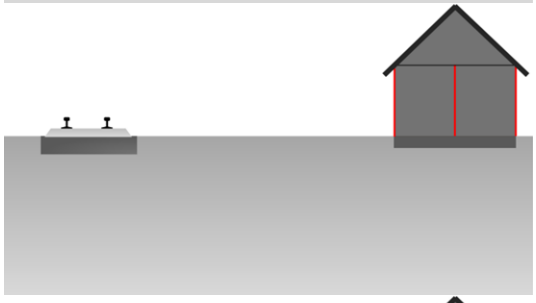
Amoveren, de gebouwen worden opgekocht en de bewoners of gebruikers verhuizen.



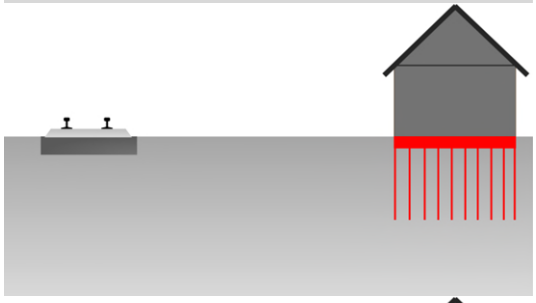
Verstijven van vloeren, hierbij worden (veelal houten) vloeren vervangen of verstevigd door stalen of betonnen elementen. Bij betonnen vloeren kan de massa van de vloer worden vergroot. Bij houten vloeren kan een dragende dekvloer worden toegepast of kunnen de vloerbalken worden verstevigd door middel van stalen profielen.



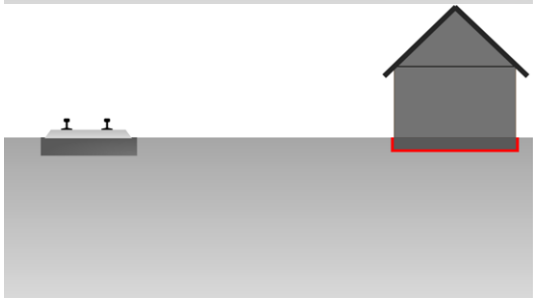
Verstijven van muren, hierbij worden buitenmuren verstevigd, of niet-constructieve binnenwanden vervangen door constructieve binnenwanden. Een andere mogelijkheid is het toevoegen van steunberen aan de buitenzijde van de woning, waardoor de woning breder wordt en een andere eigenfrequentie en demping kent.



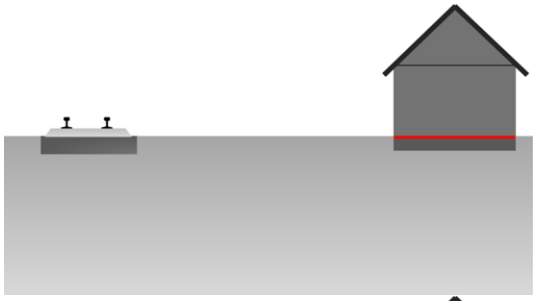
Onderheien, verzwaren van de fundering van de woning, waardoor de bedding in de ondergrond toeneemt. Dit kan bereikt worden door de woning te onderheien of grout- of gelinjectie toe te passen onder de woning.



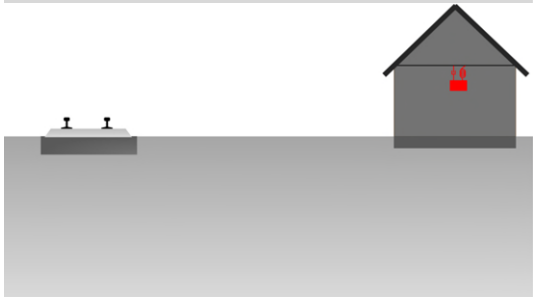
Inpakken van de fundering, vooral bij gebouwen die op staal zijn gefundeerd. Hierbij wordt de fundering ingepakt in een dempend materiaal, bijvoorbeeld rubber of EPS.



Afgeveerde vloer, het toepassen van een afgeveerde vloer in een woning, deze maatregel is vooral effectief tegen hoogfrequente trillingen (vanaf 5 Hz), en is vooral toepasbaar op betonnen vloeren.



Tuned mass damper, een afgeregeld massa-veersysteem dat trillingen kan uitdempen toepassen in een woning. Zo'n tuned mass damper (TMD) wordt aangepast op de eigenfrequentie van de vloeren, maar werkt doorgaans alleen bij een scherpe piek in het trillingsspectrum, omdat omliggende frequenties vaak worden opgeslingerd.



IX.2 Gevolgde methodiek

Om te komen tot een keuze voor een bepaalde trillingsmaatregel worden de volgende vier stappen doorlopen:

1. Bepalen locaties met overschrijdingen en clusteren van gebouwen waar een kans op een overschrijding is. Een groep gebouwen waarvoor een aaneengesloten maatregel nodig is, wordt een cluster genoemd.
2. Eerste selectie van maatregelen op basis van uitvoerbaarheid. Hierbij wordt gekeken of een maatregel inpasbaar is, voldoende effectief is en past binnen het 'beschikbare budget' voor maatregelen.
3. Gedetailleerd doorrekenen van maatregelen op effect en kosten, en afwegen tegen de baten. De baten zijn gedefinieerd als het aantal woningen waarvoor de maatregel voldoende effectief is bij beoordeling op de Bts, maal het richtbedrag van € 47.000 per woning. Voor kantoren wordt een bedrag van €500 per werkplek gehanteerd. Resultaat van deze stap is een overzicht met effectieve maatregelen.
4. Uit de lijst met effectieve maatregelen wordt de meest kosteneffectieve maatregel geselecteerd (grootste reductie in aantal gehinderden tegen laagste prijs). Wanneer het saldo (baten minus kosten) positief is, is de maatregel kosteneffectief (mogelijk doelmatig) en wordt deze voorgesteld ter afweging in het PIP.

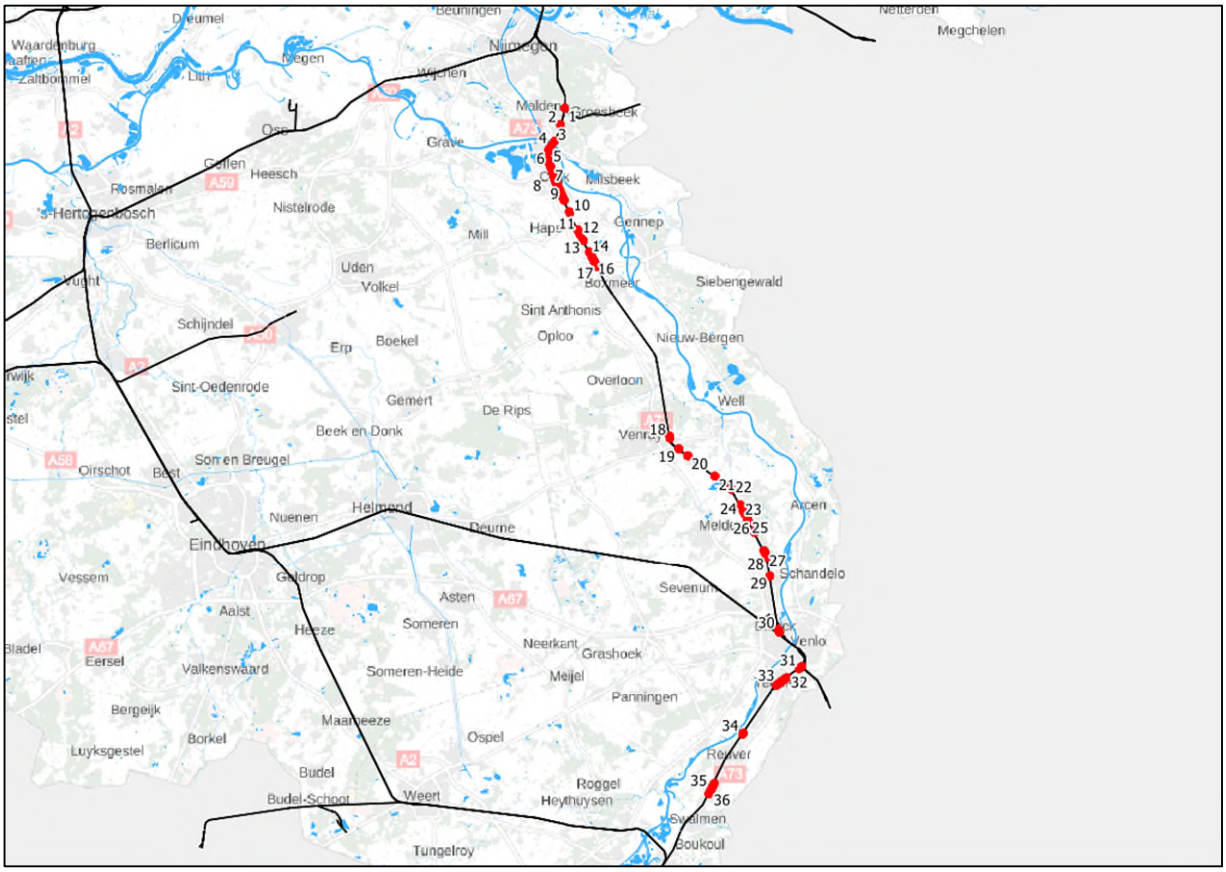
In de volgende paragrafen wordt per cluster met mogelijke overschrijdingen ingegaan op de mogelijke maatregelen.

IX.3 Voorgestelde maatregelen

In deze paragraaf gaan we aan de hand van de bovengenoemde vier stappen in op de voorgestelde maatregelen per cluster. We starten met het definiëren van de clusters, gaan daarna in op een selectie van de maatregelen, rekenen het effect door en stellen een maatregel voor. Stap 1 van bovenstaande aanpak is opgenomen in de volgende subparagraaf, de andere drie stappen zijn samengenomen in de subparagraaf daarna.

IX.3.1 Clusters

In totaal zijn er 36 clusters met overschrijdingen langs de Maaslijn. Deze clusters zijn ingedeeld op basis van waar maatregelen nodig zijn: zodra een maatregel voor een object aansluit bij een maatregel voor een ander object, horen deze panden bij elkaar en is er sprake van een cluster. De maatregellocaties zijn zodanig bepaald dat een object met een overschrijding altijd over een hoek van 45 graden wordt afgeschermd. Een overzicht met de locaties met overschrijdingen (met clusternummer, correspondeert met de hierna volgende tabellen) is weergegeven in .



Figuur 99: Clusters met overschrijdingen

Per cluster is de volgende informatie gegeven:

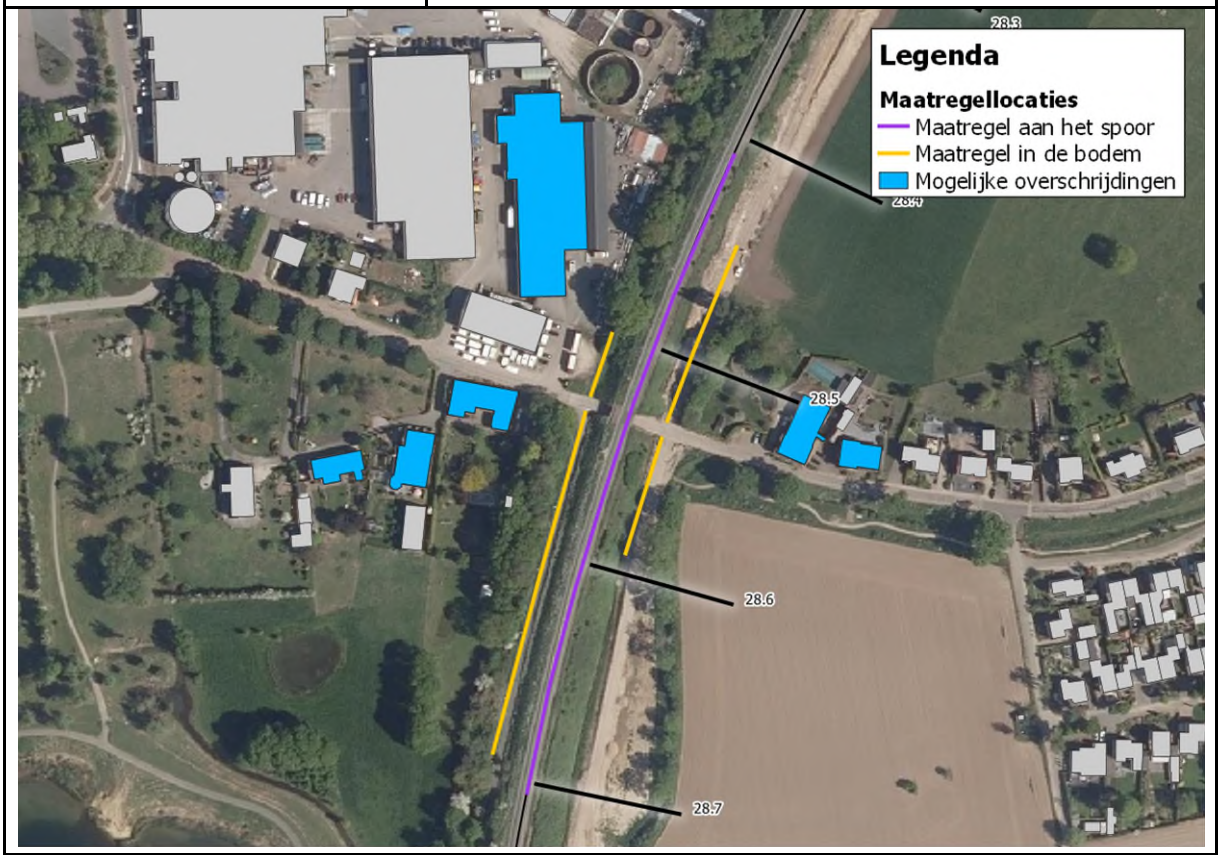
- Een kaart met een luchtfoto van het cluster, inclusief de panden met een overschrijding en de locaties van bron- en transmissiemaatregelen.
- Een tabel met het aantal overschrijdingen, de maximaal benodigde reductie in V_{max} en V_{per} om te voldoen aan de streefwaarden (V_{max} kleiner dan 0.25 of toename Q kleiner dan of gelijk aan 1.3, en V_{per} kleiner dan of gelijk aan 0.10).
- Het 'beschikbare budget' voor maatregelen per strekkende meter bron- of transmissiemaatregel, op basis van paragraaf 2.3. Dit bedrag wordt later gebruikt om een preselectie te maken van realistische maatregelen die nader onderzocht moeten worden. Dit vindt plaats in de volgende paragraaf.

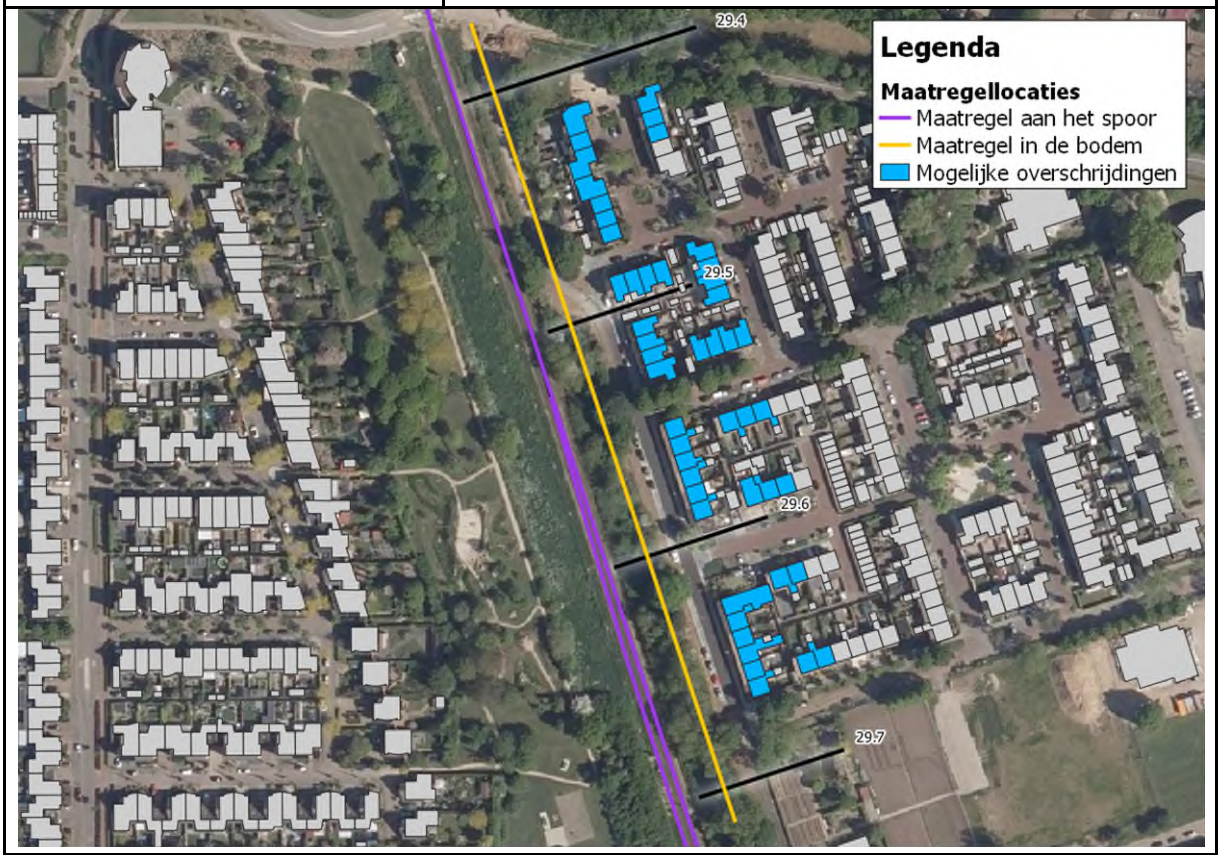
Cluster	**1**
Clusternaam	Malden Groesbeekseweg
	
Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	0%
Benodigde reductie V_{per}	25%
Lengte en budget bronmaatregelen	103 m, € 455 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	40 m, € 1184 per m

Cluster	**2**
Clusternaam	Molenhoek Heumensebaan
	
Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	0%
Benodigde reductie V_{per}	3%
Lengte en budget bronmaatregelen	98 m, € 479 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	37 m, € 1261 per m

Cluster	**3**
Clusternaam	Mook Rijksweg
	
Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	0%
Benodigde reductie V_{per}	18%
Lengte en budget bronmaatregelen	63 m, € 748 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	30 m, € 1542 per m

Cluster	**4**
Clusternaam	Katwijk Everdineweerd
	
Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	61%
Benodigde reductie V_{per}	4%
Lengte en budget bronmaatregelen	50 m, € 946 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	32 m, € 1461 per m

Cluster	**5**
Clusternaam	Katwijk Mariagaarde
	
Aantal overschrijdingen	10
Benodigde reductie V_{max}	47%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	296 m, € 1588 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	319 m, € 1473 per m

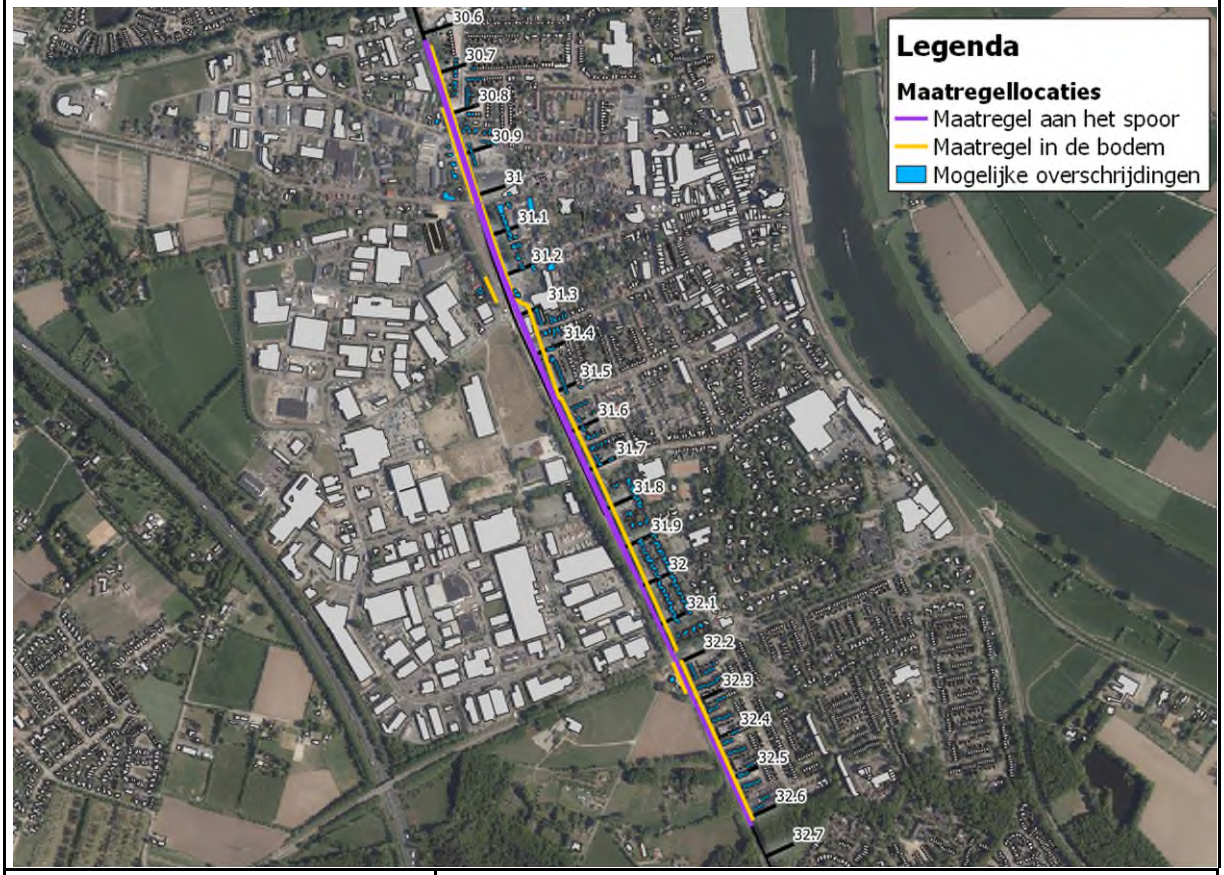
Cluster	**6**
Clusternaam	Cuijk noord
	
Aantal overschrijdingen	48
Benodigde reductie V_{max}	34%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	562 m, € 4015 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	342 m, € 6596 per m

Cluster	**7**
Clusternaam	Cuijk Kruisdistel



Aantal overschrijdingen	42
Benodigde reductie V_{max}	9%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	633 m, € 3119 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	519 m, € 3807 per m

Cluster	**8**
Clusternaam	Cuijk centrum



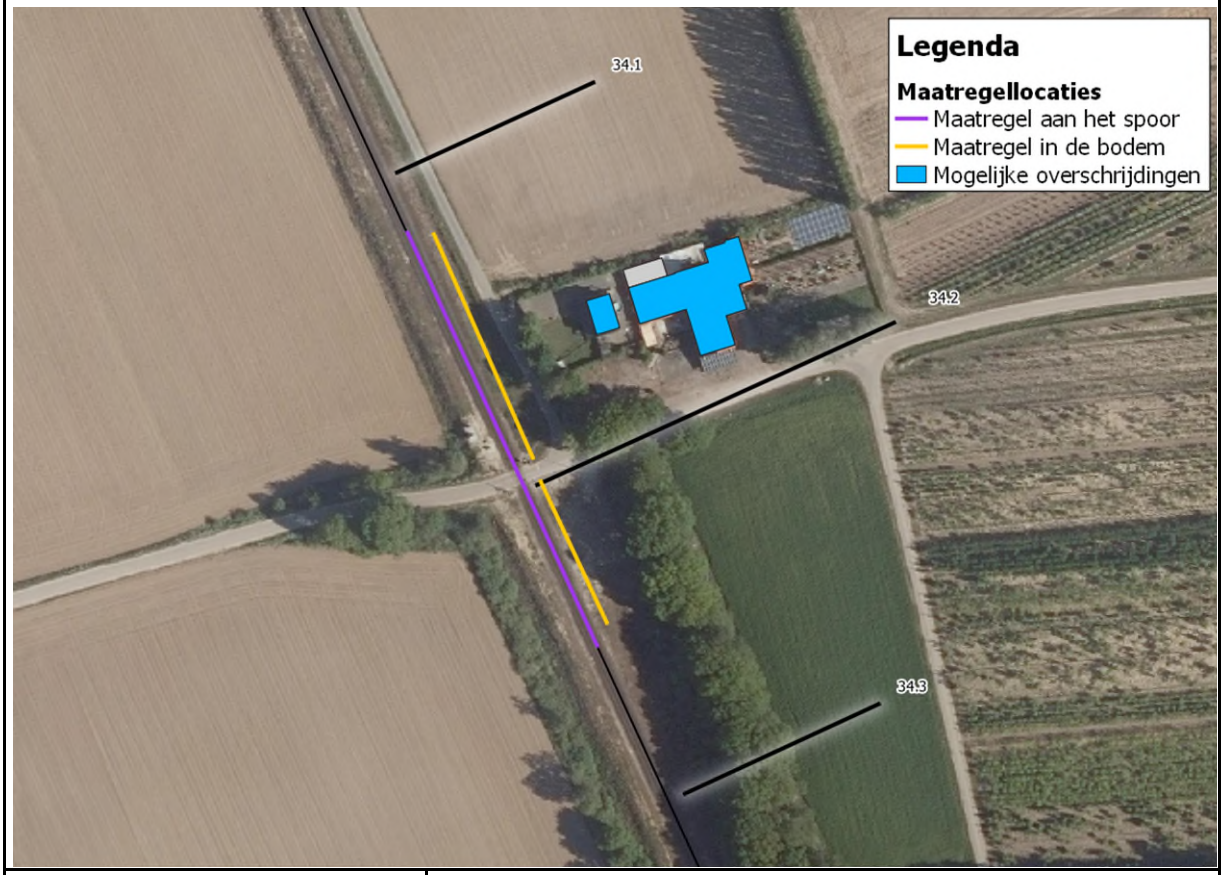
Aantal overschrijdingen	306
Benodigde reductie V_{max}	77%
Benodigde reductie V_{per}	64%
Lengte en budget bronmaatregelen	3370 m, € 4267 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	2291 m, € 6277 per m

Cluster	**9**
Clusternaam	Cuijk Wezelhof



Aantal overschrijdingen	23
Benodigde reductie V_{max}	31%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	350 m, € 6044 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	339 m, € 6243 per m

Cluster	**10**
Clusternaam	St Agatha Hertraksestraat



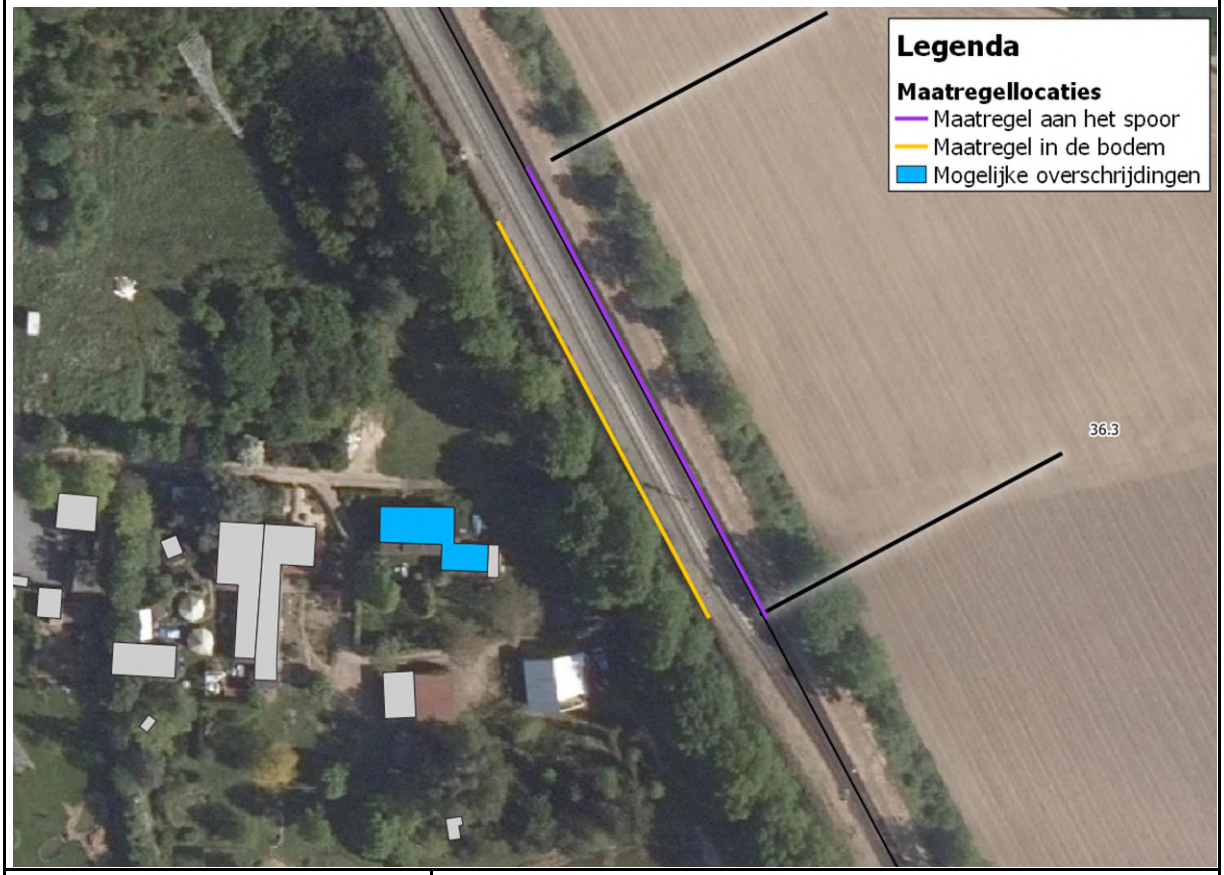
Aantal overschrijdingen	2
Benodigde reductie V_{max}	23%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	133 m, € 706 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	117 m, € 802 per m

Cluster	**11**
Clusternaam	Oeffelt Kruispunt



Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	2%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	140 m, € 335 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	128 m, € 368 per m

Cluster	**12**
Clusternaam	Beugen Kwekersweg



Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	7%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	102 m, € 462 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	89 m, € 526 per m

Cluster	**13**
Clusternaam	Beugen Haart



Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	7%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	120 m, € 391 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	110 m, € 428 per m

Cluster	**14**
Clusternaam	Beugen Molenhei 12-14



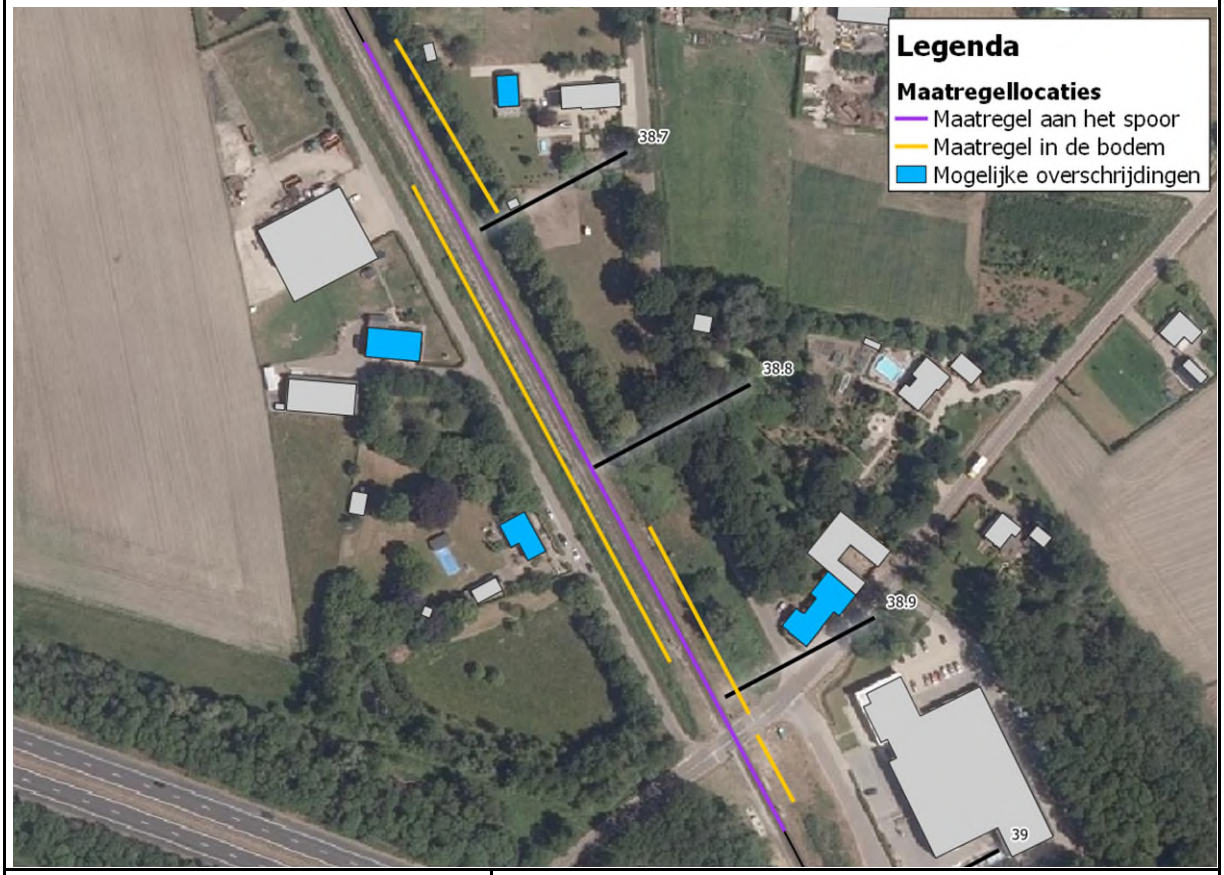
Aantal overschrijdingen	4
Benodigde reductie V_{max}	6%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	185 m, € 1015 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	173 m, € 1086 per m

Cluster	**15**
Clusternaam	Beugen Molenhei 10



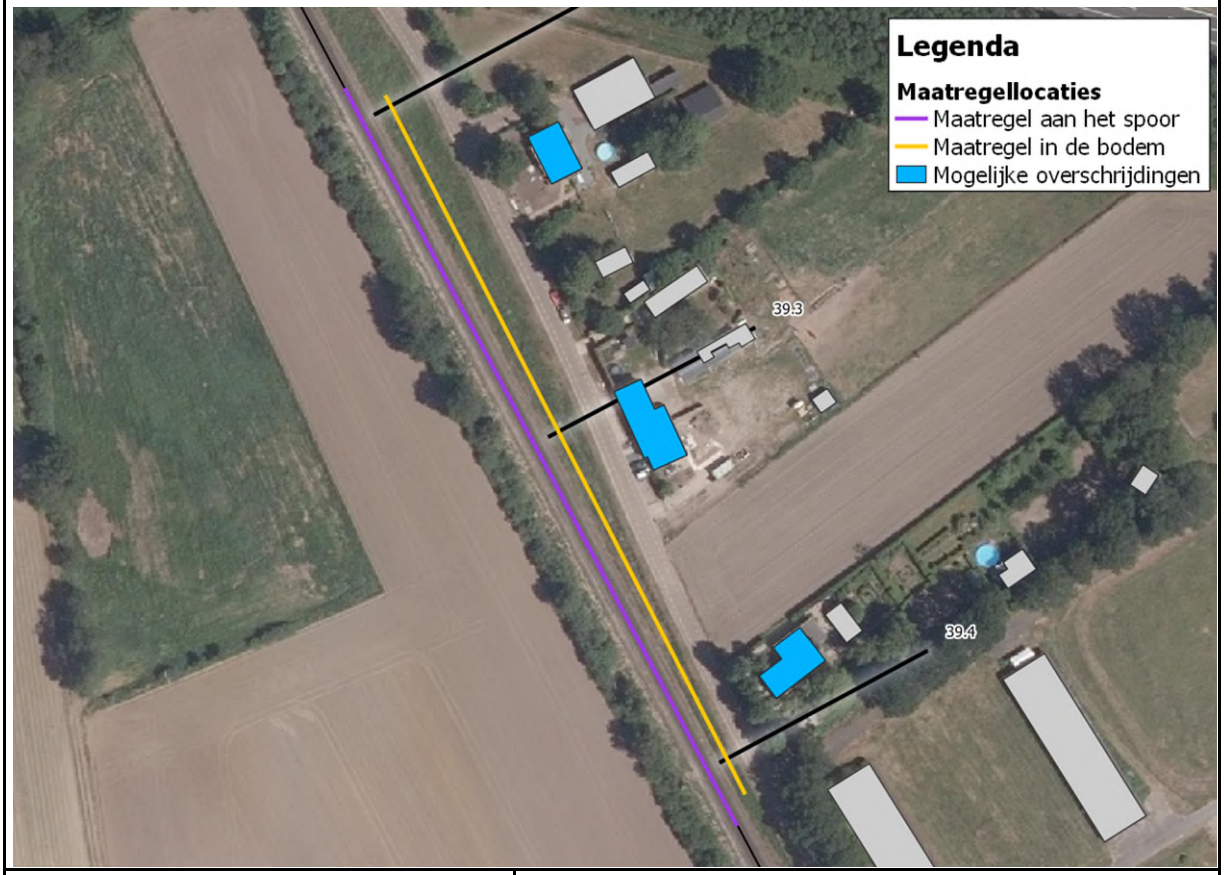
Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	5%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	79 m, € 597 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	64 m, € 731 per m

Cluster	**16**
Clusternaam	Beugen Voordtstraat



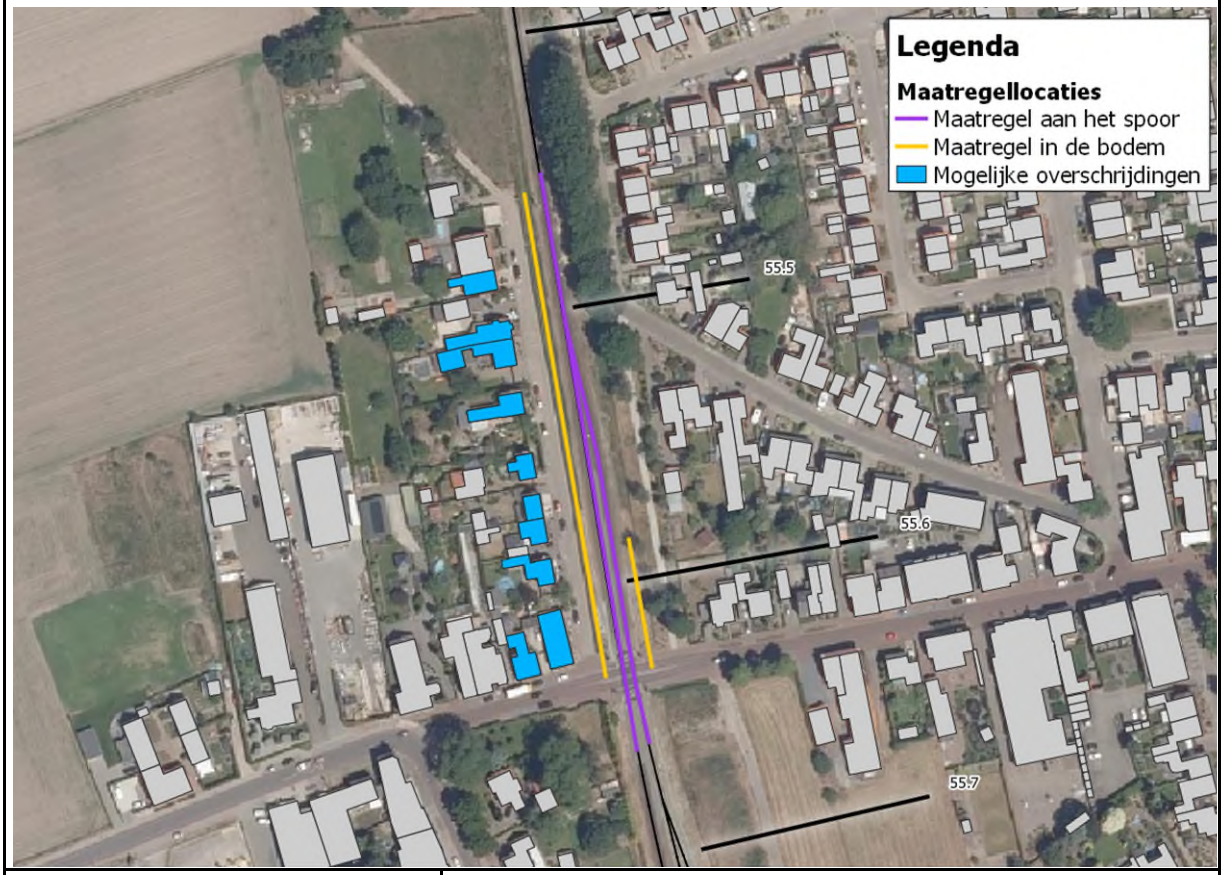
Aantal overschrijdingen	5
Benodigde reductie V_{max}	4%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	338 m, € 695 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	386 m, € 609 per m

Cluster	**17**
Clusternaam	Beugen Het Ven



Aantal overschrijdingen	5
Benodigde reductie V_{max}	2%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	227 m, € 1036 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	213 m, € 1102 per m

Cluster	**18**
Clusternaam	Oostrum centrum



Aantal overschrijdingen	10
Benodigde reductie V_{max}	3%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	366 m, € 1285 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	223 m, € 2109 per m

Cluster	**19**
Clusternaam	Oostrum Oirloseweg



Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	4%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	144 m, € 327 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	54 m, € 878 per m

Cluster	**20**
Clusternaam	Oirlo Gunhoekweg



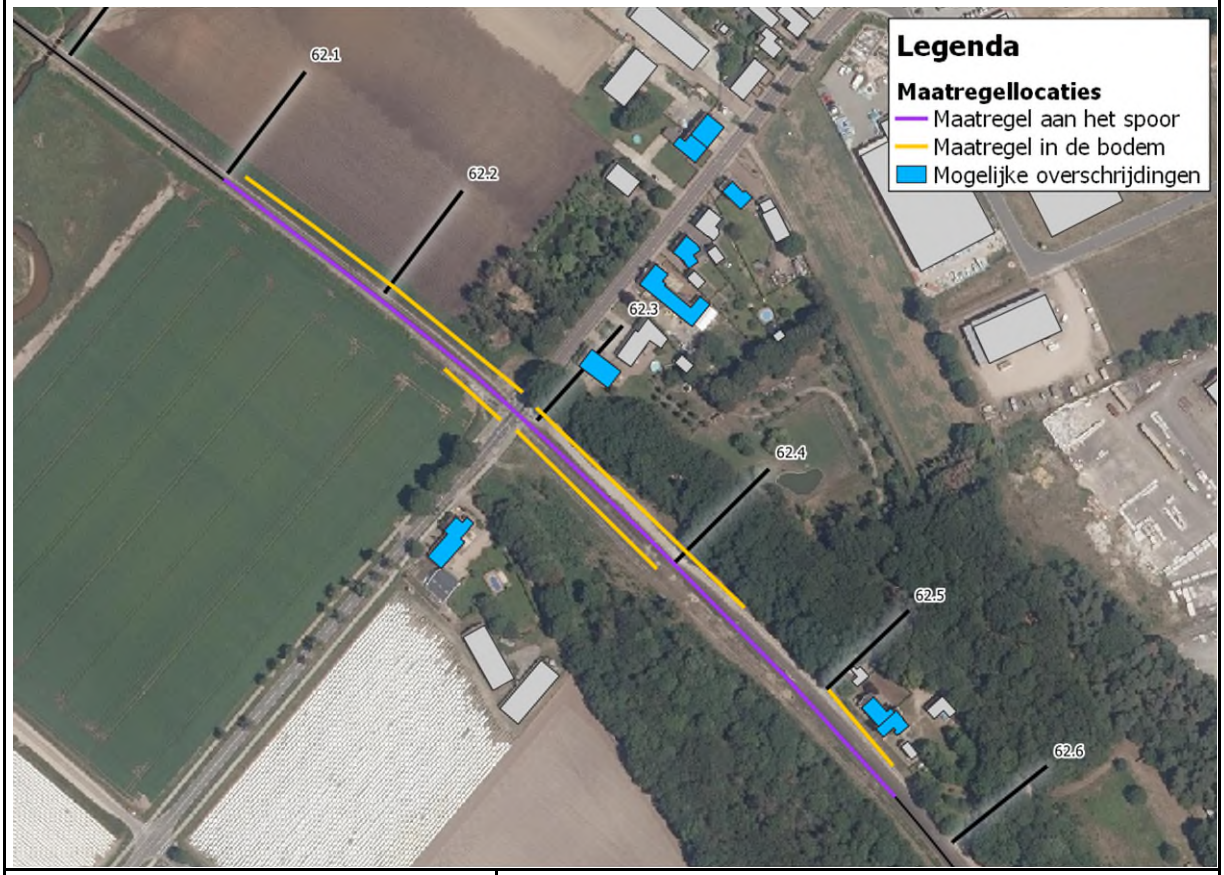
Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	205 m, € 229 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	79 m, € 598 per m

Cluster	**21**
Clusternaam	Oirlo Oirloseheide 1



Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	41%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	162 m, € 291 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	77 m, € 608 per m

Cluster	22
Clusternaam	Tienray Spoorstraat



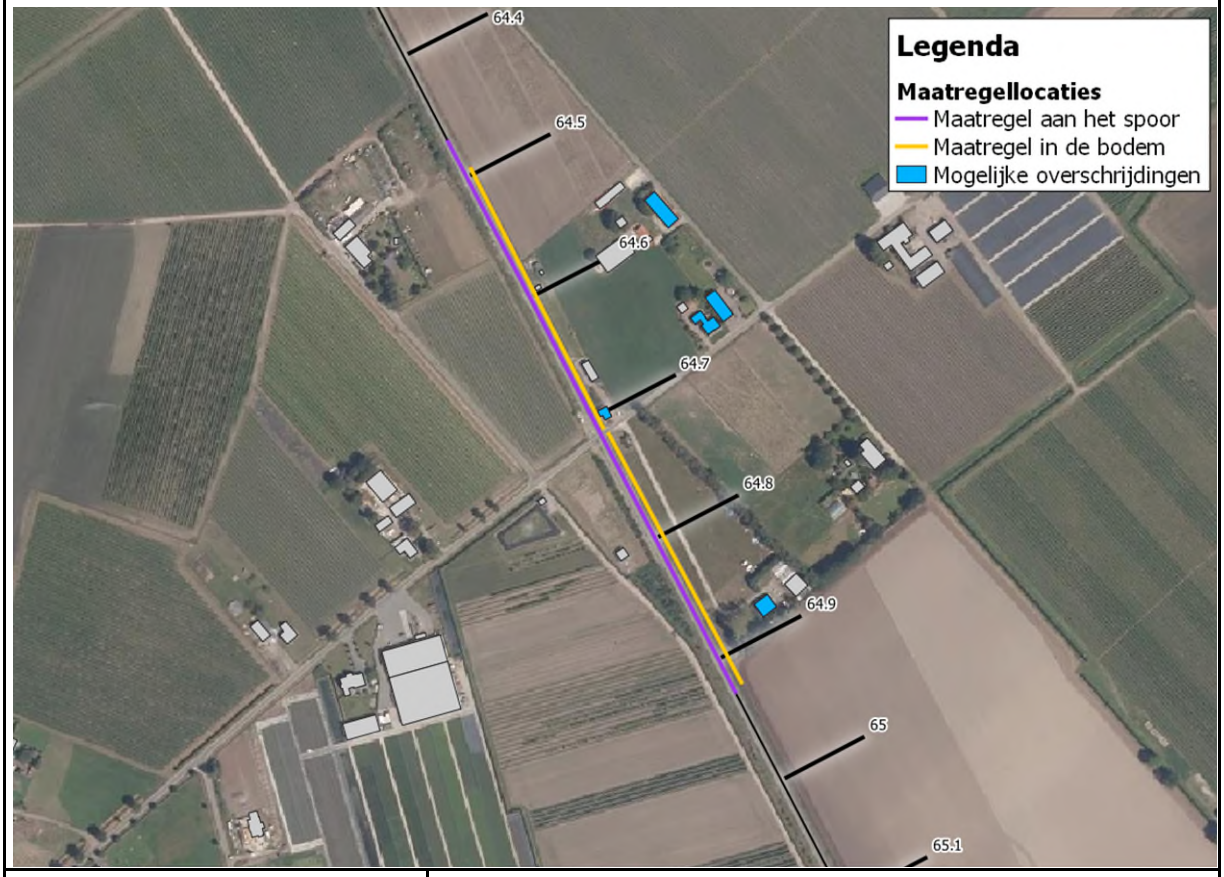
Aantal overschrijdingen	9
Benodigde reductie V_{max}	38%
Benodigde reductie V_{per}	25%
Lengte en budget bronmaatregelen	463 m, € 914 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	505 m, € 837 per m

Cluster	**23**
Clusternaam	Melderslo Nieuwenhofweg



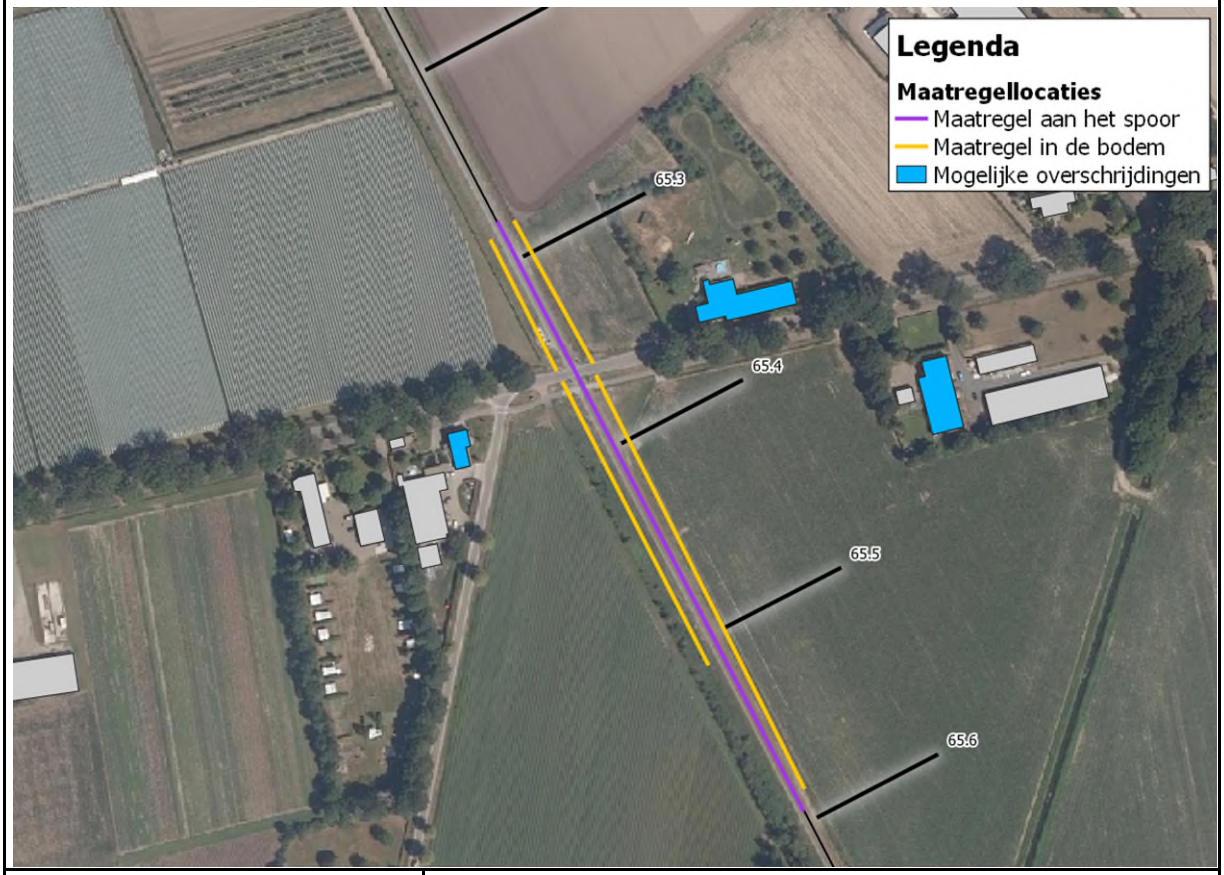
Aantal overschrijdingen	3
Benodigde reductie V_{max}	33%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	227 m, € 622 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	215 m, € 657 per m

Cluster	**24**
Clusternaam	Melderslo Swolgensedijk



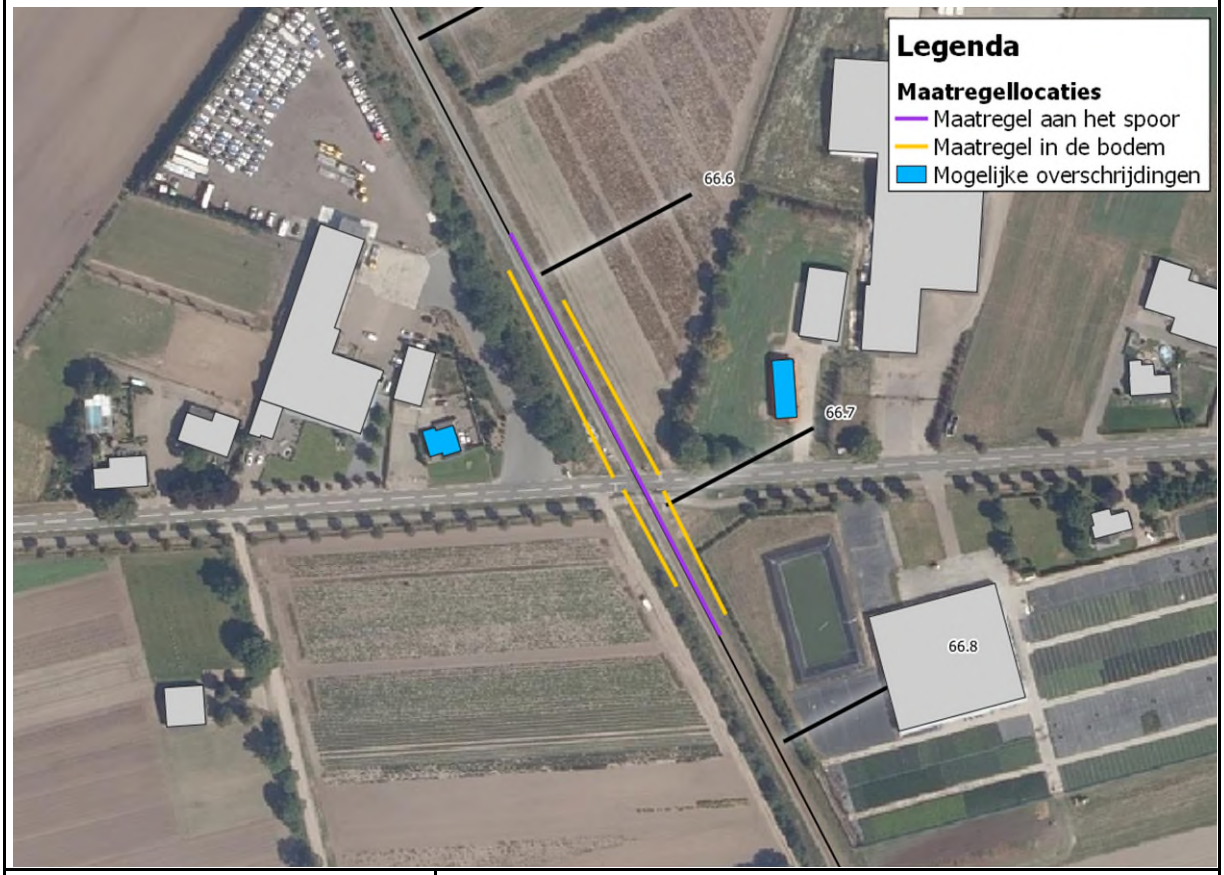
Aantal overschrijdingen	5
Benodigde reductie V_{max}	53%
Benodigde reductie V_{per}	88%
Lengte en budget bronmaatregelen	458 m, € 514 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	422 m, € 557 per m

Cluster	**25**
Clusternaam	Melderslo Broekhuizerdijk



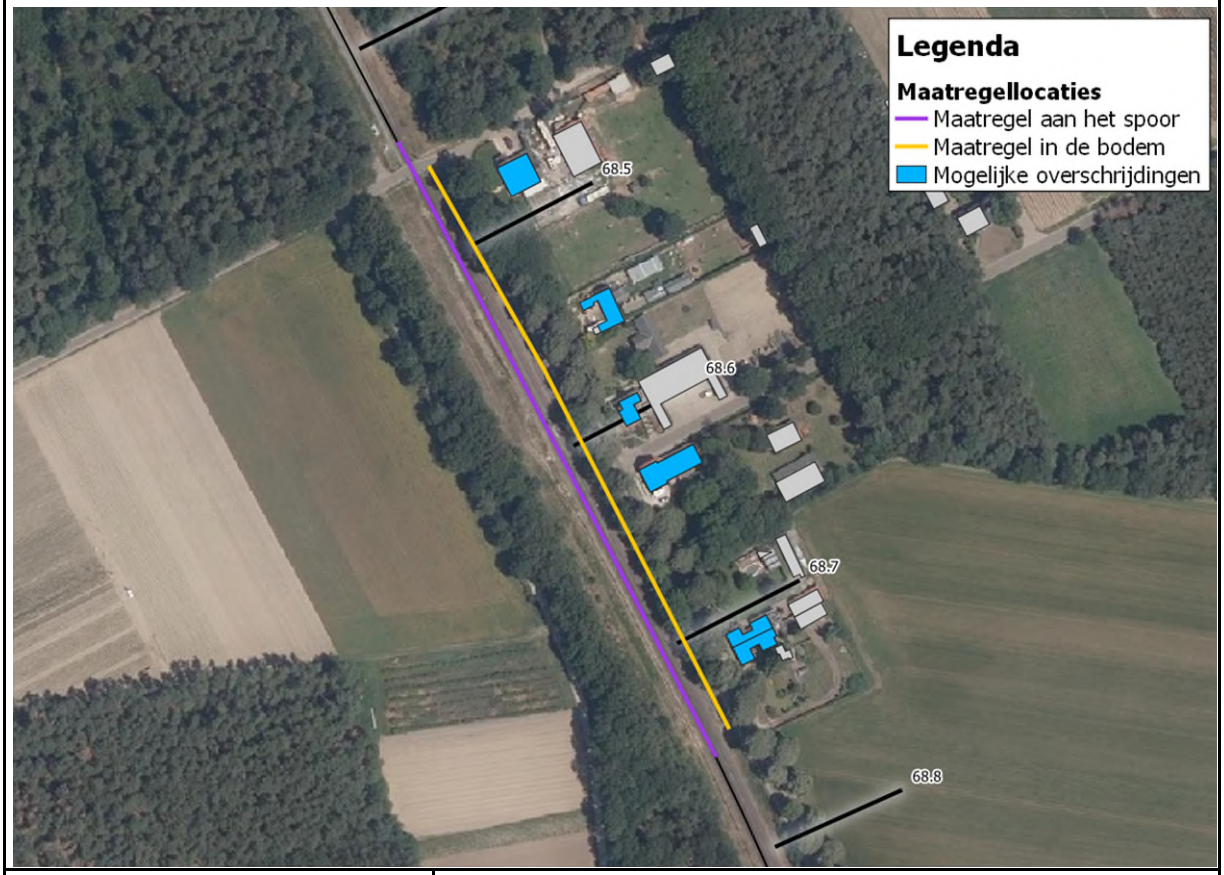
Aantal overschrijdingen	5
Benodigde reductie V_{max}	31%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	314 m, € 748 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	513 m, € 458 per m

Cluster	**26**
Clusternaam	Lottum Horsterdijk



Aantal overschrijdingen	2
Benodigde reductie V_{max}	29%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	171 m, € 549 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	253 m, € 372 per m

Cluster	**27**
Clusternaam	Lottum Stationsweg noord



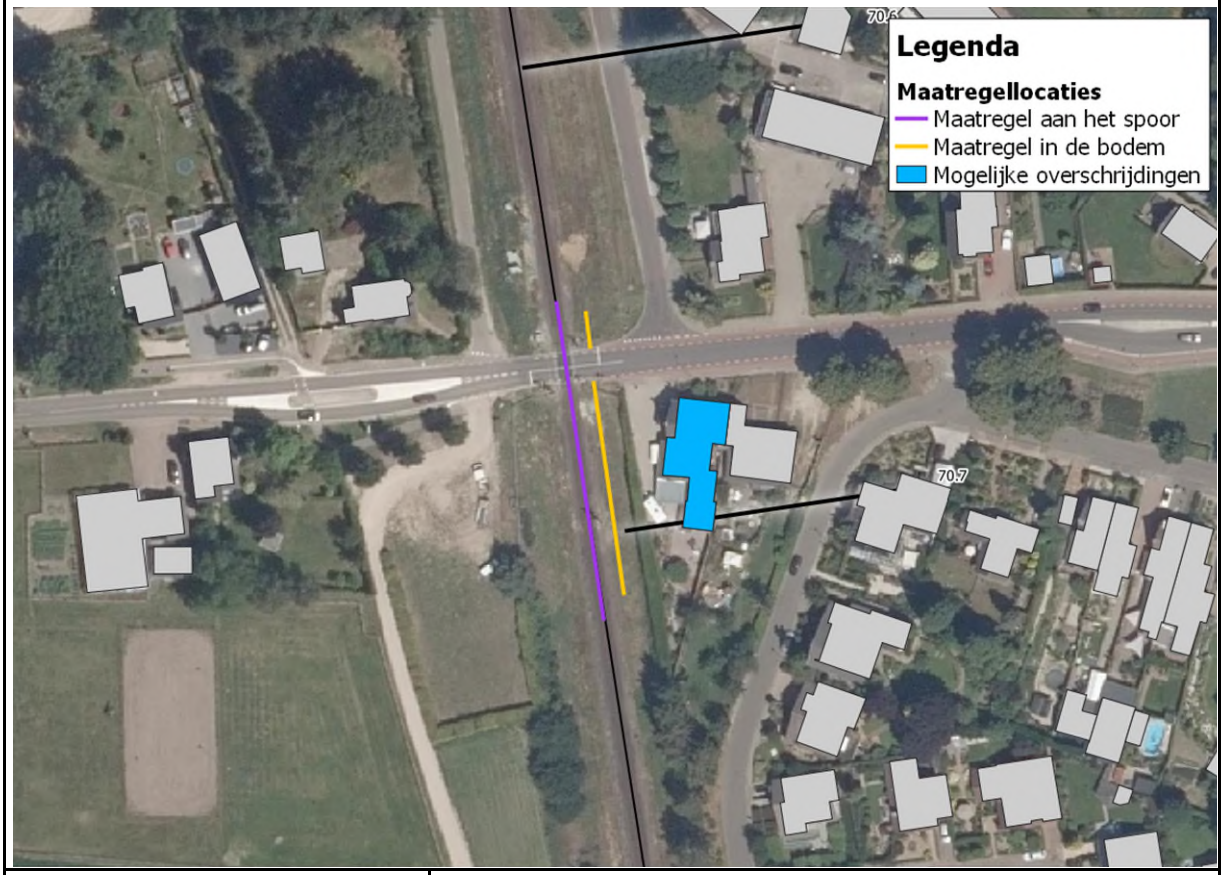
Aantal overschrijdingen	6
Benodigde reductie V_{max}	20%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	308 m, € 915 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	284 m, € 993 per m

Cluster	**28**
Clusternaam	Lottum Stationsweg zuid



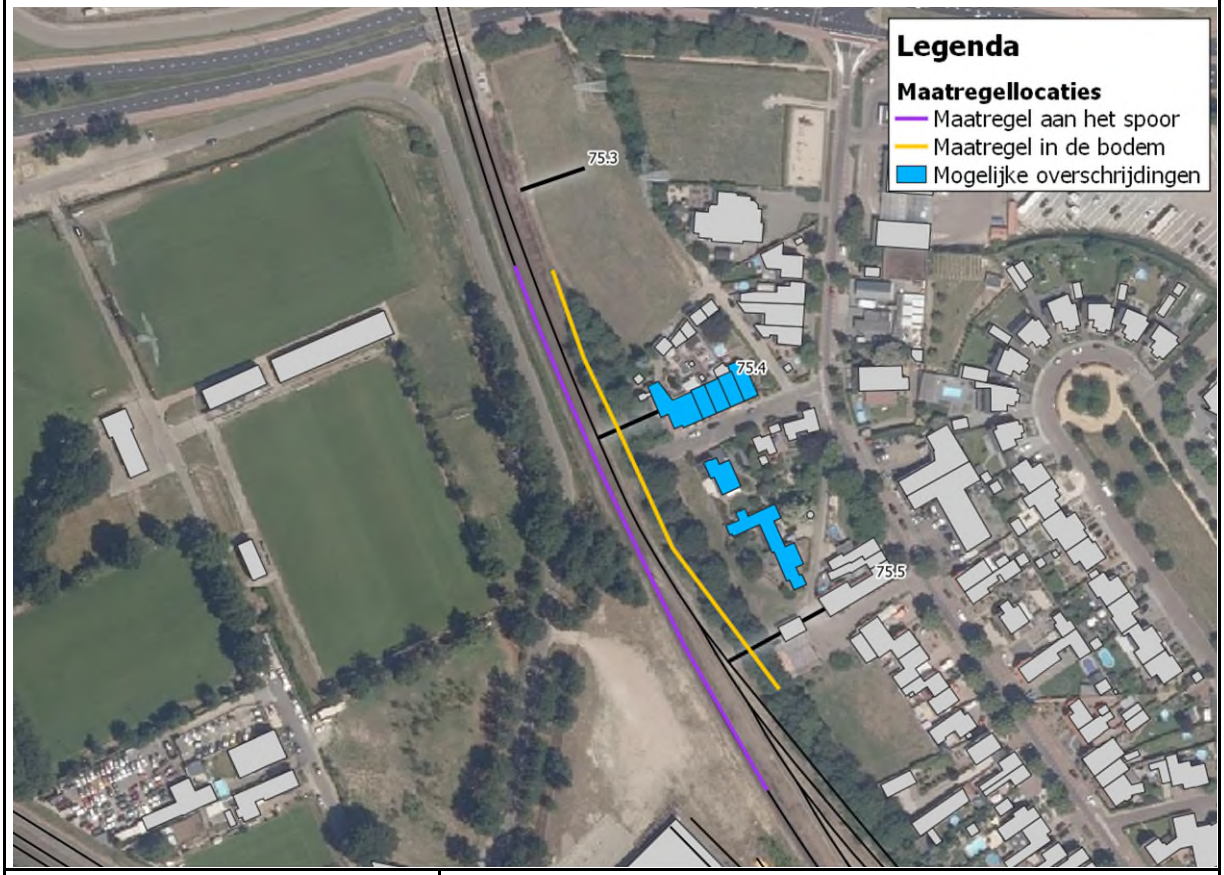
Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	8%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	99 m, € 477 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	88 m, € 535 per m

Cluster	29
Clusternaam	Grubbenvorst Kloosterstraat



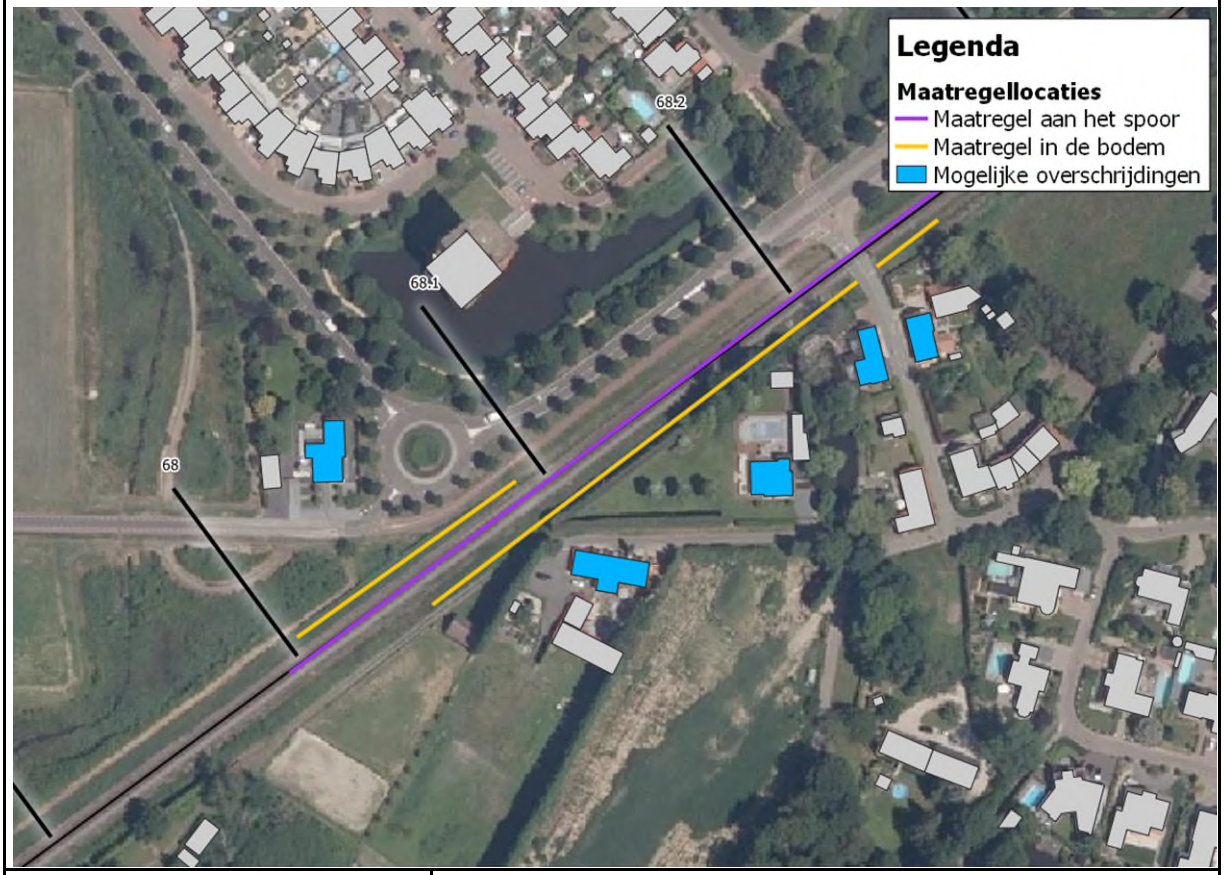
Aantal overschrijdingen	1
Benodigde reductie V_{max}	0%
Benodigde reductie V_{per}	14%
Lengte en budget bronmaatregelen	67 m, € 697 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	52 m, € 905 per m

Cluster	**30**
Clusternaam	Venlo Sint Annaweg



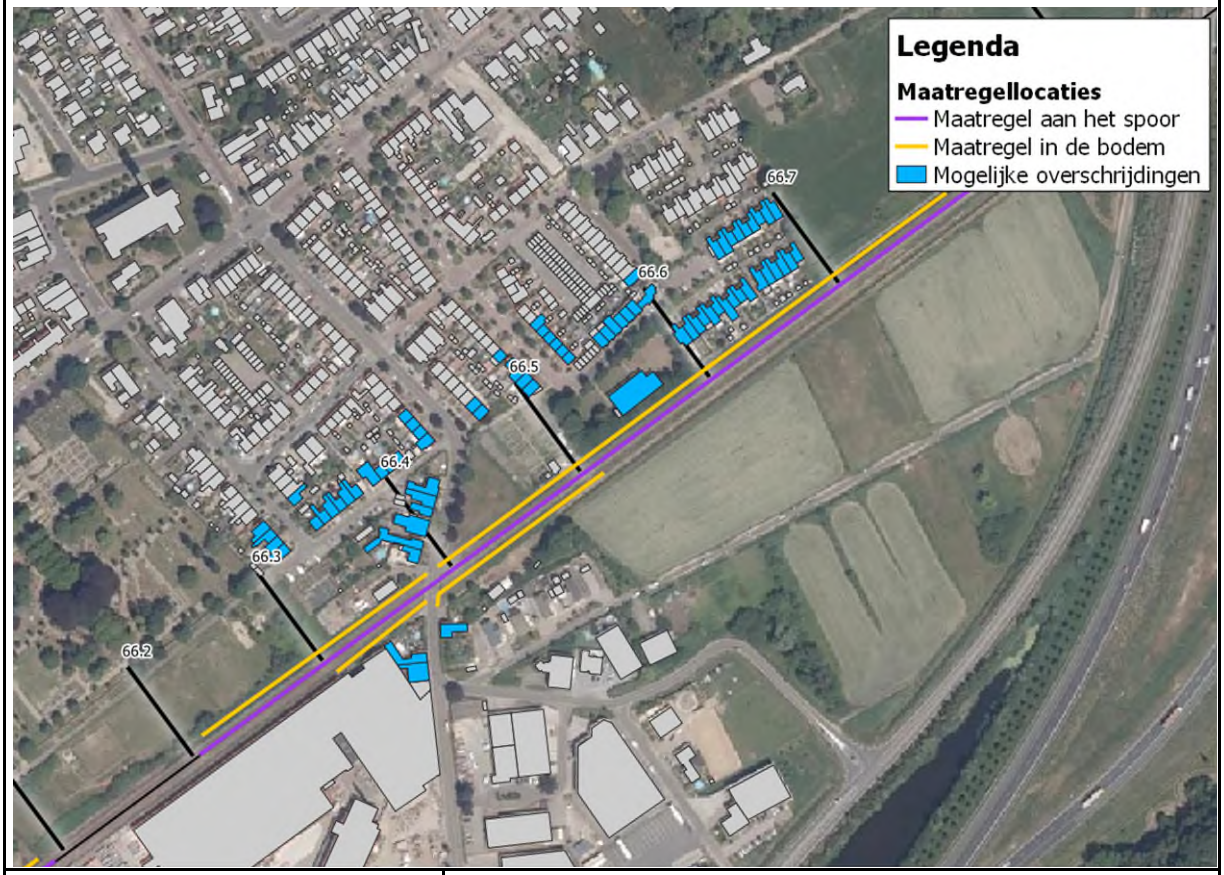
Aantal overschrijdingen	7
Benodigde reductie V_{max}	13%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	224 m, € 1468 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	184 m, € 1787 per m

Cluster	**31**
Clusternaam	Venlo Ganzenstraat

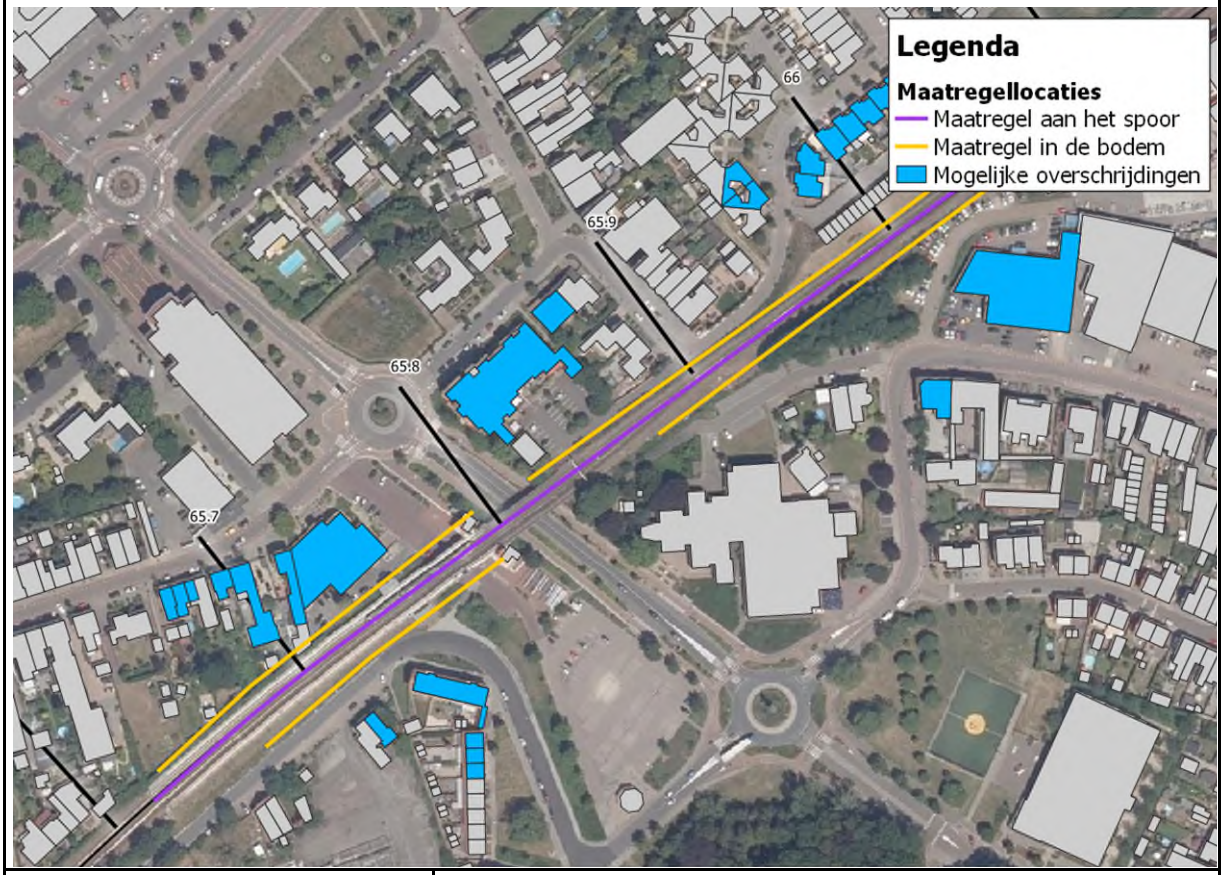


Aantal overschrijdingen	5
Benodigde reductie V_{max}	28%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	264 m, € 890 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	284 m, € 828 per m

Cluster	**32**
Clusternaam	Tegelen noord



Aantal overschrijdingen	75
Benodigde reductie V_{max}	18%
Benodigde reductie V_{per}	40%
Lengte en budget bronmaatregelen	595 m, € 5927 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	766 m, € 4601 per m

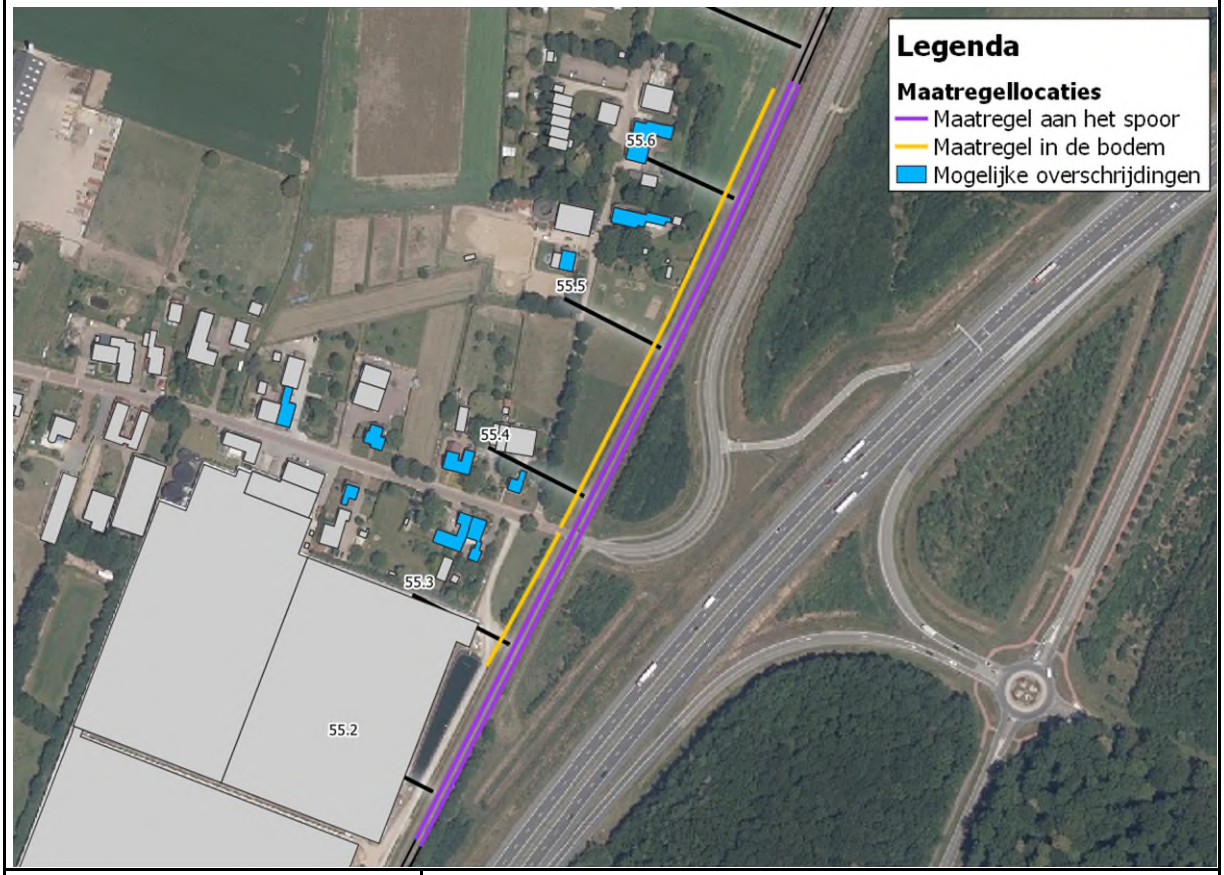
Cluster	**33**
Clusternaam	Tegelen stationszone
	
Aantal overschrijdingen	84
Benodigde reductie V_{max}	7%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	473 m, € 8349 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	761 m, € 5185 per m

Cluster	34
Clusternaam	Belfeld Patersweg



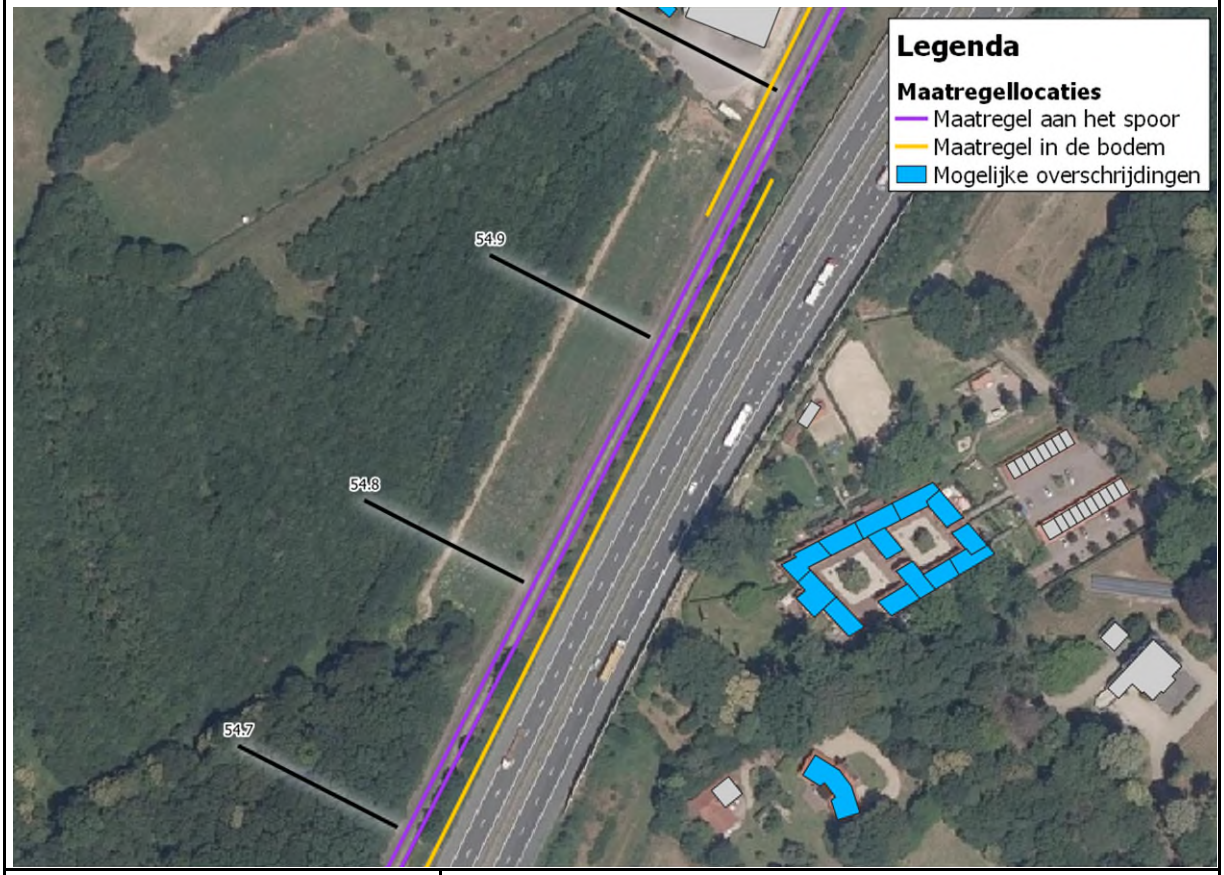
Aantal overschrijdingen	3
Benodigde reductie V_{max}	0%
Benodigde reductie V_{per}	27%
Lengte en budget bronmaatregelen	131 m, € 1079 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	215 m, € 657 per m

Cluster	**35**
Clusternaam	Beesel Bussereindseweg



Aantal overschrijdingen	10
Benodigde reductie V_{max}	24%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	1019 m, € 461 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	381 m, € 1233 per m

Cluster	36
Clusternaam	Beesel Hoeve Waterloo



Aantal overschrijdingen	15
Benodigde reductie V_{max}	2%
Benodigde reductie V_{per}	0%
Lengte en budget bronmaatregelen	813 m, € 867 per m
Lengte en budget bodemmaatregelen	405 m, € 1739 per m

IX.3.2 Selectie van maatregelen

Voor een eerste preselectie van maatregelen is voor alle mogelijke maatregelen gekeken naar de inpasbaarheid, uitvoerbaarheid, onderhoudbaarheid, robuustheid en effectiviteit tegen trillingen. Op basis daarvan is een kwalificatie gegeven of de maatregel mogelijk doelmatig kan zijn, en dus interessant kan zijn voor nader onderzoek. Deze preselectie is weergegeven in Tabel 68. Hierbij geldt dat een aantal maatregelen buiten de scope van het project vallen (m.n. maatregelen aan de voertuigen, rijsnelheid of het verwijderen van overwegen), en dat met name maatregelen aan gebouwen buiten beschouwing worden gelaten vanwege de hoge kosten, vaak beperkte effectiviteit, impact op de bewoonbaarheid en de langdurige overlast voor bewoners.

Tabel 68: Preselectie maatregelen

Type maatregel	Inpasbaar	Uitvoerbaar	Onderhoudbaar	Robuust	Effectiviteit	Mogelijk doelmatig
Bronmaatregelen						
Railpads	+	++	0	-	-	Nee, niet effectief
Under sleeper pads	+	++	+	-	> 25 Hz	Ja
Ballastmatten	+	-	0	0	> 15 Hz	Ja
Floating slab track	0	--	-	++	++	Ja
Slab track (betonplaat)	0	-	+	+	< 10 Hz	Ja
Slab track met ballastmat	0	-	+	++	++	Ja
Zettingsvrije plaat	0	--	+	+	< 10 Hz	Ja
Laddertrack	0	--	+	+	0	Ja
Wide sleeper track	0	--	0	+	0	Ja
Frequenter spooronderhoud	0	-	-	-	> 8 Hz	Nee, valt buiten scope project
Verwijderen wissels	locatiespecifiek	--	+	+	+	Nee, speelt geen rol bij dit project
Verwijderen overweg	locatiespecifiek	--	+	+	+	Nee, valt buiten scope project
Reductie rijsnelheid	0	--	0	+	+	Nee, valt buiten scope project
Andere treintypes	0	--	0	--	++	Nee, valt buiten scope project
Transmissiemaatregelen						
TROC beton	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	+	Ja
TROC jet-grout	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	+	Ja
TROC damwand	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	+	Ja
TROC prefab L-wand	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	+	Ja
TROC damwanden met EPS	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	+	Ja
TROC damwanden met sleuf	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	+	Ja
TROC beklede betonwand	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	++	Ja
TROC beklede prefab L-wand	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	+	Ja
TROC mix-in-place wand	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	+	0	Ja
Spoorsloot	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	0	+	Ja
Aanpassen spoortalud	locatiespecifiek	locatiespecifiek	0	0	0	Nee, niet effectief
Ontvangermaatregelen						
Amoveren	0	0	0	++	++	Nee, te duur
Verstijven vloeren	0	0	0	+	+	Nee, valt buiten scope project
Verstijven muren	-	-	0	+	0	Nee, niet effectief
Verzwaren fundering	0	-	0	+	+	Nee, te duur
Toevoegen steunberen	--	0	0	+	0	Nee, niet effectief
Inpakken fundering met rubber	0	-	0	+	+	Nee, te duur
Afschermen fundering met EPS	-	0	0	+	0	Nee, niet effectief

Type maatregel	Inpasbaar	Uitvoerbaar	Onderhoudbaar	Robuust	Effectiviteit	Mogelijk doelmatig
Bronmaatregelen						
Afgeveerde vloer	0	0	0	+	+	Nee, valt buiten scope project
Tuned mass damper	--	-	0	-	-	Nee, niet effectief

Van de mogelijk doelmatige maatregelen is vervolgens de bandbreedte van de kosten bepaald. Deze kosten[23] zijn per strekkende meter (inclusief BTW) bepaald. Hieronder geven we per cluster en per mogelijk doelmatige maatregel uit Tabel 68 weer of de maatregel mogelijk inpasbaar is bij (een deel van) het specifieke cluster, wat de bandbreedte van de effectiviteit is (op basis van expert judgment) en wat de bandbreedte van de kosten is. Op basis daarvan geven we aan of een maatregel mogelijk doelmatig is. Dat is het geval als de maatregel inpasbaar en effectief is, en de kosten lager zijn dan het richtbedrag voor maatregelen.

Vervolgens is per cluster nader gekeken naar de effectiviteit van de maatregelen. Hiervoor is het aantal overschrijdingen met en zonder de maatregel beschouwd door het effect van de maatregel gedetailleerd door te rekenen. De effectiviteit van de maatregelen is als volgt bepaald:

1. Under sleeper pads (USP's) op basis van een opgave van fabrikanten, er zijn nog geen metingen in Nederland beschikbaar.
2. Ballastmatten, laddertrack en wide sleeper track op basis van een opgave van fabrikanten en metingen op andere locaties.
3. Overige bronmaatregelen op basis van modelberekeningen met eindige elementenmodellen, omdat het effect van de maatregelen sterk afhankelijk is van de lokale bodemopbouw.
4. Een spoorsloot op basis van metingen op verschillende bodems in Nederland.
5. Overige maatregelen in de bodem op basis van modelberekeningen met eindige elementenmodellen, omdat het effect van de maatregelen sterk afhankelijk is van de lokale bodemopbouw.

Tenslotte wordt een advies gegeven over de meest kosteneffectieve maatregel.

[23] Op basis van de volgende uitgangspunten: prijspeil 2020, kosten voor projectmanagement en coordinatie (4.5%), eenmalige kosten (2%), uitvoeringskosten (8%), algemene bouwplaatskosten (2%), algemene kosten, risico en winst (13%), engineeringskosten (5%), onvoorziene kosten (5%) en PEAT (5%). Kosten voor grondverwerving, het verleggen van kabels en leidingen en eventuele aankoop van opstallen is hierin niet meegenomen. De variatie in de kosten heeft niet alleen te maken met onzekerheden in de raming (omdat er altijd variaties in prijzen zijn), maar bijvoorbeeld ook met of het spoor wel of niet vernieuwd wordt (bij maatregelen aan het spoor), en bij trillingsschermen met de afmetingen van de maatregel.

Cluster	**1 - Malden Groesbeekseweg**			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	0%			
Benodigde reductie V_{per}	25%			
Lengte en budget bronmaatregelen	103 m, € 455 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	40 m, € 1184 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**
Aantal panden met een overschrijding	1	1
Benodigde reductie V_{max}	0%	0%
Benodigde reductie V_{per}	25%	12%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	103
Kosten maatregel	nvt	€ 82,390
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	**2 - Molenhoek Heumensebaan**			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	0%			
Benodigde reductie V_{per}	3%			
Lengte en budget bronmaatregelen	98 m, € 479 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	37 m, € 1261 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**
Aantal panden met een overschrijding	1	0
Benodigde reductie V_{max}	0%	0%
Benodigde reductie V_{per}	3%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	98
Kosten maatregel	nvt	€ 78,311
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	**3 - Mook Rijksweg**			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	0%			
Benodigde reductie V_{per}	18%			
Lengte en budget bronmaatregelen	63 m, € 748 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	30 m, € 1542 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**
Aantal panden met een overschrijding	1	1
Benodigde reductie V_{max}	0%	0%
Benodigde reductie V_{per}	18%	11%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	63
Kosten maatregel	nvt	€ 50,114
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	4 - Katwijk Everdineweerd			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	61%			
Benodigde reductie V_{per}	4%			
Lengte en budget bronmaatregelen	50 m, € 946 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	32 m, € 1461 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	1
Benodigde reductie V_{max}	61%	50%
Benodigde reductie V_{per}	4%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	50
Kosten maatregel	nvt	€ 39,655
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	**5 - Katwijk Mariagaarde**			
Aantal overschrijdingen	10			
Benodigde reductie V_{max}	47%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	296 m, € 1588 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	319 m, € 1473 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Mogelijk
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Mogelijk
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Wide sleeper**	**Ballastmat**	**Betonplaat**
Aantal panden met een overschrijding	10	1	10	4	10
Benodigde reductie V_{max}	47%	12%	47%	13%	59%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 470,000	€ 470,000	€ 470,000	€ 470,000	€ 470,000
Lengte maatregel [m]	nvt	296	296	296	296
Kosten maatregel	nvt	€ 236,202	€ 297,472	€ 531,306	€ 1,321,308
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Nee	Nee

Under sleeper pads zijn kosteneffectief op deze locatie, en daarmee mogelijk doelmatig. Ook met deze maatregel blijven er echter overschrijdingen in dit cluster.

Cluster	**6 - Cuijk noord**			
Aantal overschrijdingen	48			
Benodigde reductie V_{max}	34%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	562 m, € 4015 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	342 m, € 6596 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Mogelijk
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Mogelijk
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Mogelijk
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Mogelijk
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Mogelijk
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Mogelijk
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Mogelijk
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Mogelijk
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening. Hierbij is gekeken naar de meer kosteneffectieve maatregelen zoals under sleeper pads, een betonplaat met en zonder ballastmat, wide sleeper track (laddertrack is duurder en lastiger te onderhouden) en een prefab L-wand (vrijwel net zo effectief als een beklede L-wand, effectiever dan een damwand en ook goedkoper). Vanwege de grondwaterstand is een bouwkuip nodig om de L-wand te realiseren, waardoor de kosten relatief hoog uitvallen. Een mix-in-place wand is minder effectief en kostbaarder dan een betonplaat met ballastmat, en daarom buiten beschouwing gelaten.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Wide sleeper**	**Ballastmat**	**Betonplaat**	**Betonplaat BSM**	**L-wand**
Aantal panden met een overschrijding	48	0	48	0	48	0	42
Benodigde reductie V_{max}	34%	0%	34%	0%	46%	0%	30%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 2,256,000	€ 2,256,000	€ 2,256,000	€ 2,256,000	€ 2,256,000	€ 2,256,000	€ 2,256,000
Lengte maatregel [m]	nvt	562	562	562	562	562	342
Kosten maatregel	nvt	€ 302,062	€ 474,331	€ 1,008,558	€ 1,951,265	€ 2,336,709	€ 1,722,893
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee

Under sleeper pads en een ballastmat zijn kosteneffectief op deze locatie, en daarmee mogelijk doelmatig. Under sleeper pads zijn het meest doelmatig (laagste kosten per gereduceerde overschrijding). Ook met deze maatregel zijn er echter nog overschrijdingen in dit cluster.

Cluster	7 - Cuijk Kruisdistel			
Aantal overschrijdingen	42			
Benodigde reductie V_{max}	9%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	633 m, € 3119 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	519 m, € 3807 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Mogelijk
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Mogelijk
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Mogelijk
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Mogelijk
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Mogelijk
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Mogelijk
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening. Hierbij is gekeken naar de meer kosteneffectieve maatregelen zoals under sleeper pads, een betonplaat met en zonder ballastmat, wide sleeper track (laddertrack is duurder en lastiger te onderhouden) en een prefab L-wand. Vanwege de grondwaterstand is een bouwkuip nodig om de L-wand te realiseren, waardoor de kosten relatief hoog uitvallen. Een mix-in-place wand is minder effectief en kostbaarder dan een betonplaat met ballastmat, en daarom buiten beschouwing gelaten.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper	Ballastmat	Betonplaat	Betonplaat BSM	L-wand
Aantal panden met een overschrijding	42	0	42	0	17	0	53
Benodigde reductie V_{max}	9%	0%	9%	0%	12%	0%	14%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 1,974,000	€ 1,974,000	€ 1,974,000	€ 1,974,000	€ 1,974,000	€ 1,974,000	€ 1,974,000
Lengte maatregel [m]	nvt	633	633	633	633	633	519
Kosten maatregel	nvt	€ 299,074	€ 508,901	€ 1,136,165	€ 2,041,300	€ 2,475,511	€ 2,611,794
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee

Under sleeper pads en een ballastmat zijn kosteneffectief op deze locatie, en daarmee mogelijk doelmatig. Under sleeper pads zijn het meest doelmatig (laagste kosten per gereduceerde overschrijding). Ook met deze maatregel zijn er echter nog overschrijdingen in dit cluster.

Cluster	8 - Cuijk centrum			
Aantal overschrijdingen	306			
Benodigde reductie V_{max}	77%			
Benodigde reductie V_{per}	64%			
Lengte en budget bronmaatregelen	3370 m, € 4267 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	2291 m, € 6277 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Mogelijk
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Mogelijk
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Mogelijk
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Mogelijk
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Mogelijk
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Mogelijk
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Mogelijk
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Mogelijk
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening. Hierbij is gekeken naar de meer kosteneffectieve maatregelen zoals under sleeper pads, een betonplaat met en zonder ballastmat, wide sleeper track (laddertrack is duurder en lastiger te onderhouden) en een prefab L-wand (vrijwel net zo effectief als een beklede L-wand, effectiever dan een damwand en ook goedkoper). Vanwege de grondwaterstand is een bouwkuip nodig om de L-wand te realiseren, waardoor de kosten relatief hoog uitvallen. Een mix-in-place wand is minder effectief en kostbaarder dan een betonplaat met ballastmat, en daarom buiten beschouwing gelaten.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper	Ballastmat	Betonplaat	Betonplaat BSM	L-wand
Aantal panden met een overschrijding	306	153	306	147	287	141	241
Benodigde reductie V_{max}	77%	38%	77%	33%	92%	27%	56%
Benodigde reductie V_{per}	64%	54%	64%	52%	67%	50%	57%
Budget voor maatregelen	€ 14,382,000	€ 14,382,000	€ 14,382,000	€ 14,382,000	€ 14,382,000	€ 14,382,000	€ 14,382,000
Lengte maatregel [m]	nvt	3370	3370	3370	3370	3370	2291
Kosten maatregel	nvt	€ 2,514,092	€ 3,278,916	€ 6,049,972	€ 14,377,564	€ 16,689,698	€ 11,541,118
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee

Under sleeper pads en een ballastmat zijn kosteneffectief op deze locatie, en daarmee mogelijk doelmatig. Under sleeper pads zijn het meest doelmatig (laagste kosten per gereduceerde overschrijding). Ook met deze maatregel zijn er echter nog overschrijdingen in dit cluster.

Cluster	**9 - Cuijk Wezelhof**			
Aantal overschrijdingen	45			
Benodigde reductie V_{max}	31%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	350 m, € 6044 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	339 m, € 6243 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Mogelijk
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Mogelijk
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Mogelijk
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Mogelijk
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Mogelijk
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Mogelijk
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Mogelijk
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Mogelijk
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening. Hierbij is gekeken naar de meer kosteneffectieve maatregelen zoals under sleeper pads, een betonplaat met en zonder ballastmat, wide sleeper track (laddertrack is duurder en lastiger te onderhouden) en een prefab L-wand (vrijwel net zo effectief als een beklede L-wand, effectiever dan een damwand en ook goedkoper). Vanwege de grondwaterstand is een bouwkuip nodig om de L-wand te realiseren, waardoor de kosten relatief hoog uitvallen. Een mix-in-place wand is minder effectief en kostbaarder dan een betonplaat met ballastmat, en daarom buiten beschouwing gelaten.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Wide sleeper**	**Ballastmat**	**Betonplaat**	**Betonplaat BSM**	**L-wand**
Aantal panden met een overschrijding	45	30	45	21	45	12	0
Benodigde reductie V_{max}	31%	18%	31%	13%	47%	7%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 2,115,000	€ 2,115,000	€ 2,115,000	€ 2,115,000	€ 2,115,000	€ 2,115,000	€ 2,115,000
Lengte maatregel [m]	nvt	350	350	350	350	350	339
Kosten maatregel	nvt	€ 279,242	€ 351,677	€ 628,119	€ 1,562,075	€ 1,802,125	€ 1,706,485
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Ja	Nee	Nee	Ja

Under sleeper pads zijn kosteneffectief op deze locatie, maar ook een ballastmat en een 4 meter diepe prefab L-wand, waarbij de losse prefab elementen gekoppeld zijn met een betonnen randbalk. Al deze maatregelen zijn mogelijk doelmatig. Under sleeper pads zijn het meest doelmatig (laagste kosten per gereduceerde overschrijding). Ook met deze maatregel zijn er echter nog overschrijdingen in dit cluster, met een prefab L-wand is dat niet het geval.

Cluster	10 - St Agatha Hertraksestraat			
Aantal overschrijdingen	2			
Benodigde reductie V_{max}	23%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	133 m, € 706 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	117 m, € 802 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper
Aantal panden met een overschrijding	2	2	2
Benodigde reductie V_{max}	23%	9%	23%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 94,000	€ 94,000	€ 94,000
Lengte maatregel [m]	nvt	133	133
Kosten maatregel	nvt	€ 106,217	€ 133,770
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	11 - Oeffelt Kruispunt			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	2%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	140 m, € 335 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	128 m, € 368 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	0
Benodigde reductie V_{max}	2%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	140
Kosten maatregel	nvt	€ 111,835
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	12 - Beugen Kwekersweg			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	7%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	102 m, € 462 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	89 m, € 526 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	0
Benodigde reductie V_{max}	7%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	102
Kosten maatregel	nvt	€ 81,100
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	13 - Beugen Haart			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	7%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	120 m, € 391 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	110 m, € 428 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	0
Benodigde reductie V_{max}	7%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	120
Kosten maatregel	nvt	€ 95,853
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	**14 - Beugen Molenhei 12-14**			
Aantal overschrijdingen	4			
Benodigde reductie V_{max}	6%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	185 m, € 1015 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	173 m, € 1086 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Mogelijk

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Wide sleeper**	**Spoorsloot**
Aantal panden met een overschrijding	4	0	4	0
Benodigde reductie V_{max}	6%	0%	6%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 188,000	€ 188,000	€ 188,000	€ 188,000
Lengte maatregel [m]	nvt	185	185	173
Kosten maatregel	nvt	€ 147,743	€ 186,068	€ 181,451
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Ja

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, maar ook een spoorsloot van 2 meter diep, direct langs het talud. Bij een spoorsloot is de taludstabiliteit en de aanwezigheid van kabels en leidingen een aandachtspunt, waardoor deze maatregel mogelijk niet realiseerbaar is. De meest kosteneffectieve maatregel is het toepassen van under sleeper pads.

Cluster	15 - Beugen Molenhei 10			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	5%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	79 m, € 597 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	64 m, € 731 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	0
Benodigde reductie V_{max}	5%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	79
Kosten maatregel	nvt	€ 62,871
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	**16 - Beugen Voordtstraat**			
Aantal overschrijdingen	5			
Benodigde reductie V_{max}	4%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	338 m, € 695 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	386 m, € 609 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Wide sleeper**
Aantal panden met een overschrijding	5	0	5
Benodigde reductie V_{max}	4%	0%	4%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 235,000	€ 235,000	€ 235,000
Lengte maatregel [m]	nvt	338	338
Kosten maatregel	nvt	€ 269,726	€ 339,693
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	17 - Beugen Het Ven			
Aantal overschrijdingen	5			
Benodigde reductie V_{max}	2%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	227 m, € 1036 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	213 m, € 1102 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper
Aantal panden met een overschrijding	5	0	5
Benodigde reductie V_{max}	2%	0%	2%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 235,000	€ 235,000	€ 235,000
Lengte maatregel [m]	nvt	227	227
Kosten maatregel	nvt	€ 180,943	€ 227,879
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, en daarmee een mogelijk doelmatige maatregel voor deze locatie.

Cluster	18 - Oostrum centrum			
Aantal overschrijdingen	10			
Benodigde reductie V_{max}	3%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	366 m, € 1285 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	223 m, € 2109 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Mogelijk
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper	L-wand
Aantal panden met een overschrijding	10	0	10	0
Benodigde reductie V_{max}	3%	0%	3%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 470,000	€ 470,000	€ 470,000	€ 470,000
Lengte maatregel [m]	nvt	366	366	223
Kosten maatregel	nvt	€ 244,220	€ 338,134	€ 1,122,607
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Nee

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, en daarmee een mogelijk doelmatige maatregel voor deze locatie.

Cluster	**19 - Oostrum Oirloseweg**			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	4%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	144 m, € 327 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	54 m, € 878 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**
Aantal panden met een overschrijding	1	0
Benodigde reductie V_{max}	4%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	144
Kosten maatregel	nvt	€ 21,149
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, en daarmee een mogelijk doelmatige maatregel voor deze locatie.

Cluster	20 - Oirlo Gunhoekweg			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	0%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	205 m, € 229 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	79 m, € 598 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	1
Benodigde reductie V_{max}	0%	5%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	205
Kosten maatregel	nvt	€ 30,185
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	21 - Oirlo Oirloseheide 1			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	41%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	162 m, € 291 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	77 m, € 608 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	1
Benodigde reductie V_{max}	41%	21%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	162
Kosten maatregel	nvt	€ 23,764
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	**22 - Tienray Spoorstraat**			
Aantal overschrijdingen	9			
Benodigde reductie V_{max}	38%			
Benodigde reductie V_{per}	25%			
Lengte en budget bronmaatregelen	463 m, € 914 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	505 m, € 837 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Wide sleeper**
Aantal panden met een overschrijding	9	4	9
Benodigde reductie V_{max}	38%	4%	38%
Benodigde reductie V_{per}	25%	0%	25%
Budget voor maatregelen	€ 423,000	€ 423,000	€ 423,000
Lengte maatregel [m]	nvt	463	463
Kosten maatregel	nvt	€ 331,658	€ 441,864
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	23 - Melderslo Nieuwenhofweg			
Aantal overschrijdingen	3			
Benodigde reductie V_{max}	33%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	227 m, € 622 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	215 m, € 657 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper
Aantal panden met een overschrijding	3	0	3
Benodigde reductie V_{max}	33%	0%	33%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 141,000	€ 141,000	€ 141,000
Lengte maatregel [m]	nvt	227	227
Kosten maatregel	nvt	€ 180,778	€ 227,671
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	24 - Melderslo Swolgensedijk			
Aantal overschrijdingen	5			
Benodigde reductie V_{max}	53%			
Benodigde reductie V_{per}	88%			
Lengte en budget bronmaatregelen	458 m, € 514 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	422 m, € 557 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	5	1
Benodigde reductie V_{max}	53%	10%
Benodigde reductie V_{per}	88%	83%
Budget voor maatregelen	€ 235,000	€ 235,000
Lengte maatregel [m]	nvt	458
Kosten maatregel	nvt	€ 365,154
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	25 - Melderslo Broekhuizerdijk			
Aantal overschrijdingen	5			
Benodigde reductie V_{max}	31%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	314 m, € 748 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	513 m, € 458 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper
Aantal panden met een overschrijding	5	0	5
Benodigde reductie V_{max}	31%	0%	31%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 235,000	€ 235,000	€ 235,000
Lengte maatregel [m]	nvt	314	314
Kosten maatregel	nvt	€ 250,674	€ 315,699
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	26 - Lottum Horsterdijk			
Aantal overschrijdingen	2			
Benodigde reductie V_{max}	29%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	171 m, € 549 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	253 m, € 372 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	2	0
Benodigde reductie V_{max}	29%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 94,000	€ 94,000
Lengte maatregel [m]	nvt	171
Kosten maatregel	nvt	€ 136,534
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	**27 - Lottum Stationsweg noord**			
Aantal overschrijdingen	6			
Benodigde reductie V_{max}	20%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	308 m, € 915 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	284 m, € 993 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Wide sleeper**
Aantal panden met een overschrijding	6	0	6
Benodigde reductie V_{max}	20%	0%	20%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 282,000	€ 282,000	€ 282,000
Lengte maatregel [m]	nvt	308	308
Kosten maatregel	nvt	€ 245,942	€ 309,738
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, en daarmee een mogelijk doelmatige maatregel voor deze locatie.

Cluster	28 - Lottum Stationsweg zuid			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	8%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	99 m, € 477 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	88 m, € 535 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	0
Benodigde reductie V_{max}	8%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	99
Kosten maatregel	nvt	€ 78,636
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	29 - Grubbenvorst Kloosterstraat			
Aantal overschrijdingen	1			
Benodigde reductie V_{max}	0%			
Benodigde reductie V_{per}	14%			
Lengte en budget bronmaatregelen	67 m, € 697 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	52 m, € 905 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP
Aantal panden met een overschrijding	1	0
Benodigde reductie V_{max}	0%	0%
Benodigde reductie V_{per}	14%	0%
Budget voor maatregelen	€ 47,000	€ 47,000
Lengte maatregel [m]	nvt	67
Kosten maatregel	nvt	€ 9,910
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, en daarmee een mogelijk doelmatige maatregel voor deze locatie.

Cluster	30 - Venlo Sint Annaweg			
Aantal overschrijdingen	7			
Benodigde reductie V_{max}	13%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	224 m, € 1468 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	184 m, € 1787 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Mogelijk
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Ja

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper	Ballastmat
Aantal panden met een overschrijding	7	0	7	0
Benodigde reductie V_{max}	13%	0%	13%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 329,000	€ 329,000	€ 329,000	€ 329,000
Lengte maatregel [m]	nvt	224	224	224
Kosten maatregel	nvt	€ 32,937	€ 135,110	€ 402,194
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Nee

Under sleeper pads zijn kosteneffectief op deze locatie, en daarmee mogelijk doelmatig.

Cluster	**31 - Venlo Ganzenstraat**			
Aantal overschrijdingen	5			
Benodigde reductie V_{max}	28%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	264 m, € 890 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	284 m, € 828 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Mogelijk

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Wide sleeper**	**Spoorsloot**
Aantal panden met een overschrijding	5	0	5	0
Benodigde reductie V_{max}	28%	0%	28%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 235,000	€ 235,000	€ 235,000	€ 235,000
Lengte maatregel [m]	nvt	264	264	284
Kosten maatregel	nvt	€ 38,809	€ 159,195	€ 297,342
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Nee

Under sleeper pads zijn kosteneffectief op deze locatie, en daarmee mogelijk doelmatig.

Cluster	32 - Tegelen noord			
Aantal overschrijdingen	75			
Benodigde reductie V_{max}	18%			
Benodigde reductie V_{per}	40%			
Lengte en budget bronmaatregelen	595 m, € 5927 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	766 m, € 4601 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Mogelijk
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Mogelijk
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Mogelijk
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Mogelijk
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Mogelijk
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Mogelijk
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening. Hierbij is gekeken naar de meer kosteneffectieve maatregelen zoals under sleeper pads, een betonplaat met en zonder ballastmat, wide sleeper track (laddertrack is duurder en lastiger te onderhouden) en een prefab L-wand (vrijwel net zo effectief als een beklede L-wand). Vanwege de grondwaterstand is een bouwkuip nodig om de L-wand te realiseren, waardoor de kosten relatief hoog uitvallen. Een mix-in-place wand is minder effectief en kostbaarder dan een betonplaat met ballastmat, en daarom buiten beschouwing gelaten.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper	Ballastmat	Betonplaat	Betonplaat BSM	L-wand
Aantal panden met een overschrijding	75	0	75	0	57	0	67
Benodigde reductie V_{max}	18%	0%	18%	0%	7%	0%	11%
Benodigde reductie V_{per}	40%	0%	40%	0%	35%	0%	33%
Budget voor maatregelen	€ 3,525,000	€ 3,525,000	€ 3,525,000	€ 3,525,000	€ 3,525,000	€ 3,525,000	€ 3,525,000
Lengte maatregel [m]	nvt	595	595	595	595	595	766
Kosten maatregel	nvt	€ 87,426	€ 358,625	€ 1,067,549	€ 1,181,144	€ 1,589,132	€ 3,859,368
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, maar ook een ballastmat en een betonplaat (0.5 m dik) met ballastmat (type B, c_{dyn} = 0.026 N/mm^3 +/- 20%). Bij een betonplaat is de lange realisatietijd nog een aandachtspunt (realiseren als prefab is vanwege de hogere kosten niet doelmatig), waardoor deze maatregel mogelijk niet realiseerbaar is. De meest kosteneffectieve maatregel is het toepassen van under sleeper pads en daarna een ballastmat.

Cluster	33 - Tegelen stationszone			
Aantal overschrijdingen	84			
Benodigde reductie V_{max}	7%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	473 m, € 8349 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	761 m, € 5185 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Mogelijk
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Mogelijk
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Ja
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Mogelijk
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Mogelijk
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Mogelijk
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening. Hierbij is gekeken naar de meer kosteneffectieve maatregelen zoals under sleeper pads, een betonplaat met en zonder ballastmat, wide sleeper track (laddertrack is duurder en lastiger te onderhouden) en een prefab L-wand (vrijwel net zo effectief als een beklede L-wand). Vanwege de grondwaterstand is een bouwkuip nodig om de L-wand te realiseren, waardoor de kosten relatief hoog uitvallen. Een mix-in-place wand is minder effectief en kostbaarder dan een betonplaat met ballastmat, en daarom buiten beschouwing gelaten.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper	Ballastmat	Betonplaat	Betonplaat BSM	L-wand
Aantal panden met een overschrijding	84	0	84	0	85	0	0
Benodigde reductie V_{max}	7%	0%	7%	0%	9%	0%	0%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 3,948,000	€ 3,948,000	€ 3,948,000	€ 3,948,000	€ 3,948,000	€ 3,948,000	€ 3,948,000
Lengte maatregel [m]	nvt	473	473	473	473	473	761
Kosten maatregel	nvt	€ 377,345	€ 475,227	€ 848,789	€ 2,110,861	€ 2,435,245	€ 3,835,285
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Ja

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, maar ook een ballastmat en een betonplaat (0.5 m dik) met ballastmat (type B, c_{dyn} = 0.026 N/mm^3 +/- 20%). Bij een betonplaat is de lange realisatietijd nog een aandachtspunt (realiseren als prefab is vanwege de hogere kosten niet doelmatig), waardoor deze maatregel mogelijk niet realiseerbaar is. De meest kosteneffectieve maatregel is het toepassen van under sleeper pads en daarna een ballastmat.

Cluster	34 - Belfeld Patersweg			
Aantal overschrijdingen	3			
Benodigde reductie V_{max}	0%			
Benodigde reductie V_{per}	27%			
Lengte en budget bronmaatregelen	131 m, € 1079 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	215 m, € 657 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper
Aantal panden met een overschrijding	3	1	3
Benodigde reductie V_{max}	0%	0%	0%
Benodigde reductie V_{per}	27%	1%	27%
Budget voor maatregelen	€ 141,000	€ 141,000	€ 141,000
Lengte maatregel [m]	nvt	131	131
Kosten maatregel	nvt	€ 104,257	€ 131,301
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	**35 - Beesel Bussereindseweg**			
Aantal overschrijdingen	10			
Benodigde reductie V_{max}	24%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	1019 m, € 461 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	381 m, € 1233 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Nee
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Ja	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Mogelijk

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	**Geen**	**USP**	**Spoorsloot**
Aantal panden met een overschrijding	10	0	6
Benodigde reductie V_{max}	24%	0%	22%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 470,000	€ 470,000	€ 470,000
Lengte maatregel [m]	nvt	1019	381
Kosten maatregel	nvt	€ 481,427	€ 399,432
Mogelijk doelmatig?	nvt	Nee	Nee

Er zijn geen doelmatige maatregelen voor deze locatie.

Cluster	36 - Beesel Hoeve Waterloo			
Aantal overschrijdingen	15			
Benodigde reductie V_{max}	2%			
Benodigde reductie V_{per}	0%			
Lengte en budget bronmaatregelen	813 m, € 867 per m			
Lengte en budget bodemmaatregelen	405 m, € 1739 per m			
Maatregel	**Inpasbaar?**	**Effectiviteit**	**Kosten**	**Doelmatig?**
Under sleeper pads	Ja	-15% tot 65%	€ 110 tot € 998 per m	Mogelijk
Ballastmatten	Ja	-20% tot 70%	€ 1346 tot € 2244 per m	Nee
Floating slab track	Ja	25% tot 90%	€ 11925 tot € 19875 per m	Nee
Slab track (betonplaat)	Ja	5% tot 60%	€ 1490 tot € 5580 per m	Nee
Slab track met ballastmat	Ja	20% tot 70%	€ 2004 tot € 3340 per m	Nee
Zettingsvrije plaat	Ja	10% tot 60%	€ 16225 tot € 27041 per m	Nee
Laddertrack	Ja	0% tot 15%	€ 3062 tot € 5104 per m	Nee
Wide sleeper track	Ja	0% tot 5%	€ 603 tot € 1005 per m	Mogelijk
TROC beton	Ja	15% tot 50%	€ 9717 tot € 16195 per m	Nee
TROC jet-grout	Ja	10% tot 35%	€ 9806 tot € 16343 per m	Nee
TROC damwand	Ja	5% tot 20%	€ 5839 tot € 9731 per m	Nee
TROC prefab L-wand	Ja	15% tot 50%	€ 2048 tot € 6296 per m	Nee
TROC damwanden met EPS	Ja	10% tot 40%	€ 8262 tot € 13770 per m	Nee
TROC damwanden met sleuf	Ja	15% tot 45%	€ 10631 tot € 17718 per m	Nee
TROC beklede betonwand	Ja	25% tot 80%	€ 13742 tot € 22903 per m	Nee
TROC beklede prefab L-wand	Ja	15% tot 55%	€ 5293 tot € 8821 per m	Nee
TROC mix-in-place wand	Ja	0% tot 20%	€ 3313 tot € 5521 per m	Nee
Spoorsloot	Nee	15% tot 65%	€ 786 tot € 1310 per m	Nee

Hieronder is een overzicht gegeven van het aantal overschrijdingen bij de (mogelijk) doelmatige maatregelen, op basis van een gedetailleerde doorrekening.

Situatie	Geen	USP	Wide sleeper
Aantal panden met een overschrijding	15	0	15
Benodigde reductie V_{max}	2%	0%	2%
Benodigde reductie V_{per}	0%	0%	0%
Budget voor maatregelen	€ 705,000	€ 705,000	€ 705,000
Lengte maatregel [m]	nvt	813	813
Kosten maatregel	nvt	€ 384,090	€ 653,562
Mogelijk doelmatig?	nvt	Ja	Nee

Under sleeper pads zijn kosteneffectief, en daarmee mogelijk doelmatig voor deze locatie.

Bijlage X – Trillingsschade tijdens bouwfase

X.1 Inleiding

Tijdens de realisatiefase van het project worden op diverse locaties bouwwerkzaamheden uitgevoerd. Bij een deel van deze werkzaamheden is een kans op trillingsschade aan omliggende gebouwen niet uit te sluiten. Het gaat dan met name om werkzaamheden zoals het aanbrengen van palen (bijv. t.b.v. nieuwe kunstwerken en gebouwen) en het aanbrengen van damwanden (bijv. bij bouwkuipen of grondkeringen). Het voorliggende project voorziet alleen op de locatie Op de Berg (tussen Belfeld en Reuver) in dergelijke werkzaamheden. Daar wordt een damwand geplaatst om de taludstabiliteit te vergroten. Verder voorziet het project niet in werkzaamheden die voor trillingsschade in de omgeving kunnen zorgen. Bij de uitbreiding van het viaduct Heumensebaan in Mook zijn geen werkzaamheden met hoge trillingen voorzien, en ook bijvoorbeeld onderstations t.b.v. de energievoorziening worden, gezien de grondslag van de bodem, op een niet onderheide fundering gerealiseerd. De andere werkzaamheden binnen het project, zoals het aanbrengen van bovenleidingportalen, het aanbrengen en verwijderen van sporen en zwaar transport zullen, gezien de afstand tot de bebouwing niet leiden tot trillingsschade aan gebouwen.

Voor de locatie Op de Berg is een nadere analyse uitgevoerd met behulp van een rekenmodel om te bepalen voor welke gebouwen trillingsschade niet kan worden uitgesloten, en waar daarom een vooropname en eventueel maatregelen dienen te worden getroffen tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. De vooropnames zijn bedoeld om de huidige schade van gebouwen vast te stellen, zodat na de werkzaamheden een causaal verband kan worden gelegd tussen de eventueel opgetreden schade en de uitgevoerde werkzaamheden.

Omdat er nog geen gedetailleerd ontwerp beschikbaar is, is in het onderzoek naar schade een conservatieve aanname gedaan over de werkzaamheden en afmetingen van de objecten. Bij verdere detaillering kan een nauwkeuriger beschouwing worden gehouden.

X.2 Uitgangspunten en modellering

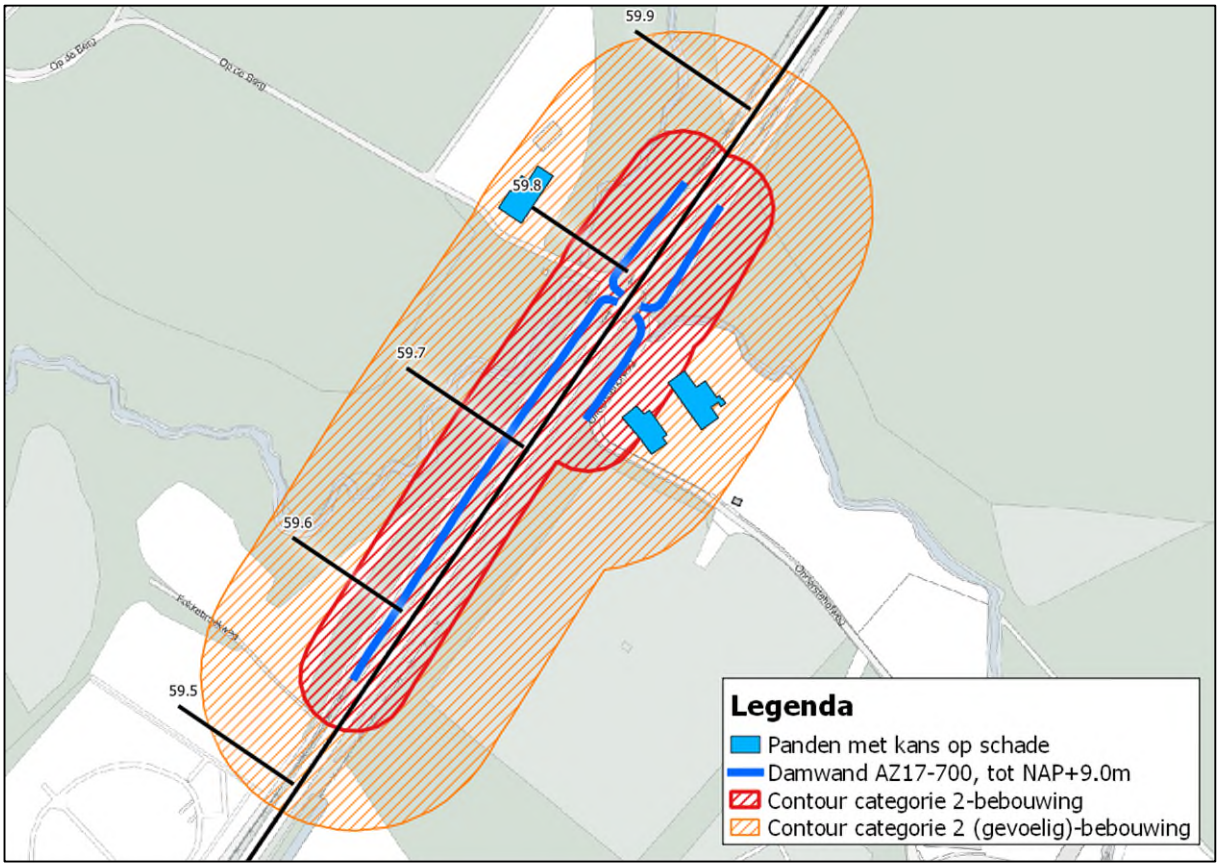
In de berekeningen is uitgegaan van een damwand type AZ17-700, met een lengte van 12.2 meter (van NAP + 9.0 tot NAP + 21.2 m). In de berekeningen is een veiligheidsfactor van 2.0 toegepast op de trillingssnelheden. Voor het intrillen van damwanden is een frequentie van 35 Hz uitgehouden om de grenswaarden uit de SBR A-richtlijn te bepalen.

De contourafstanden rond de werkzaamheden zijn berekend met behulp van een op de CUR166-richtlijn gebaseerd prognosemodel, aangevuld met praktijkervaringen uit eerdere projecten. De opbouw van de bodem is gebaseerd op sonderingen uit het projectgebied. In het onderzoek is worst-case gerekend om de kans op trillingsschade te bepalen. Dit kan leiden tot een overschatting van de afstand waarop de werkzaamheden schade kunnen veroorzaken.

X.3 Resultaten

Rond de in te brengen grondkerende constructie bevinden zich uitsluitend gebouwen uit categorie 2 en categorie 2 (gevoelig). Omdat er geen bouwkundige vooropname is uitgevoerd (en dus de gevoeligheid voor trillingen niet is vastgesteld), hanteren we voor alle gebouwen een categorie 2-gevoelig contour (worst-case aanname, strengste grenswaarden). De contourafstanden voor categorie 2-gebouwen en gevoelige categorie 2 gebouwen zijn geprojecteerd rond de werkzaamheden, zie Figuur 100. Binnen de aangegeven contouren is trillingsschade ten gevolge van de bouwwerkzaamheden niet uit te sluiten.

In Figuur 100 is te zien dat bij drie opstallen trillingsschade niet is uit te sluiten. Het betreft twee monumentale panden (Onderstehofweg 1 in Reuver met bijbehorende opstal) en een woonhuis (Op de Berg 1 in Belfeld).



Figuur 100: Schadecontouren en panden met kans op schade bij grondkerende constructie Op de Berg

Op genoemde locaties, met een kans op trillingsschade als gevolg van bouwwerkzaamheden, dient na detaillering van de bouwwerkzaamheden te worden getoetst of er nog steeds een kans op schade is, liefst met een gedetailleerder rekenmodel (als er meer informatie beschikbaar is). Indien schade nog steeds niet is uit te sluiten, dan dient een trillingsarme bouwmethode te worden gekozen (drukkend aanbrengen, i.c.m. grond voorwoelen of voorboren om gronddruk te verlagen t.b.v. inbrengbaarheid van de damwand), of een combinatie van een bouwkundige vooropname van de panden in combinatie met monitoring tijdens de bouwwerkzaamheden, zodat de werkzaamheden tijdig kunnen worden stilgelegd. Met deze voorzorgsmaatregelen wordt schade aan deze panden voorkomen.